

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年6月3日現在

機関番号：32619

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22560249

研究課題名（和文）環境・作業情報構造化を利用したプログラミングレス力制御仕上げロボットシステム

研究課題名（英文）Programming less Force Controlled Finishing Robot System using Environment and Task Motion Framework Technology

研究代表者

吉見 卓（YOSHIMI TAKASHI）

芝浦工業大学・工学部・教授

研究者番号：20501761

研究成果の概要（和文）：ユーザが簡単に多種多様な仕上げ作業を行えるロボットシステムの実現を目指し、環境・作業情報構造化と呼ばれる、ロボットの作業実行に必要な情報を共通・定型化して環境に分散配置する技術の導入検討を行った。工具、ワーク、ロボット等に分散配置された情報を作業実行時に組み合わせ、ロボット作業動作プログラムを自動生成するシステムの具体的な枠組みが提案された。試作した全体評価検証システムで、実装における課題の抽出と改良、基本動作および機能の検証を行った。

研究成果の概要（英文）：To realize a finishing robot system which can execute many kinds of finishing tasks easily, we introduced environment and task motion framework technology to the system. This framework technology formalizes the information which is necessary for the robot to execute desired tasks, and distributes the information in the robot working environment. We have proposed a concrete framework for automatic robot control program generation system which extracts the information in the tools, workpieces, robots, etc., and generates the robot control program. Basic motions and functions, problems to be solved for its implementation of the proposed framework are conformed through experiments by using the developed trial system.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学、知能機械学・機械システム

キーワード：ロボティクス・仕上げ作業

1. 研究開始当初の背景

近年、物作りの現場である工場内では、数多くの産業用ロボットが稼働しているが、グラインダ作業、面取り作業、磨き作業などに代表される仕上げ作業は、自動化の要求が強くあるにも関わらず、未だにロボットの導入があまり進んでいない。その大きな理由の一つは、力制御機能を備えたロボットを使いこなすことの難しさであり、ユーザは、高度で

専門的な知識を持って、個々の作業に適した力制御系を構成し、力制御パラメータの設定を行う必要がある。

この問題を解決するために、研究代表者は過去に、作業内容、使用する工具、その作用点、力制御移動命令を指定することで、力制御パラメータを自動的に割り出す、タスク指向のロボット言語を有するロボットシステムの研究開発を行った。このシステムでは、

作業条件に合わせて各種テーブルの形で保持した情報の中から必要な情報を参照することで、いくつかの一般的な仕上げ作業における制御系や制御パラメータの設定作業を比較的容易に行えるようにした。しかしながら、仕上げ作業の内容は様々であり、新たな作業をロボットで実現しようとする場合には、ロボットコントローラ内に新たな情報を追加する必要があることから、制御系や制御パラメータの設定の問題は、未だ解決しているとは言えなかった。

そこで、本研究課題においては、新たに環境・作業情報構造化の技術を導入することで、この問題を解決することを試みた。

2. 研究の目的

本研究課題の目的は、環境・作業情報構造化技術を仕上げ作業ロボットシステムに導入することで、力制御系の構成、力制御パラメータの設定作業を容易にし、この分野におけるロボットの導入を促進することである。

サービスロボットの分野等で検討が進められている、環境・作業情報構造化技術とは、ロボットのために作業環境側に手を加え、環境側からロボットへの情報提供機能を持たせるもので、ロボットシステムは、環境側から取得した情報と、定型化を進めたロボット作業手順とを組み合わせることで、ロボットに容易に作業を行わせることが可能となる。

仕上げ作業ロボットシステムにおいて、図1に示すように、作業実行時に必要な情報を共通化・定型化して予め工具、ワーク、ロボット等に分散配置しておき、作業実行時にはその情報から動作プログラムを自動生成しながら動作をするロボットシステムを構築することで、ユーザが簡単に使いこなせる力制御仕上げロボットシステムが実現できると考えた。

3. 研究の方法

本研究課題の目的を達成するために、以下の各項目を3年間で実施した。

(1) 熟練作業者の仕上げ作業動作解析

熟練作業者の仕上げ作業動作の観察、動作

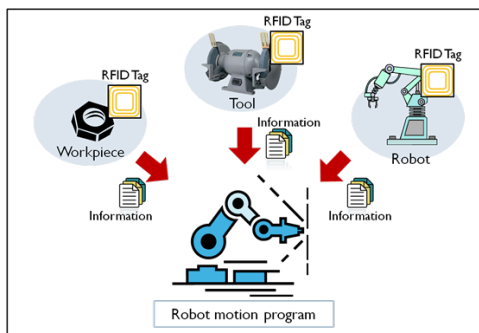


図1 環境・作業情報構造化を利用した仕上げロボットシステム

解析、分類整理を行った。なお、本研究課題では、主として、作業者がワークを手を持ち、作業台上に設置された工具に押し付けて行う作業を対象とした。

(2) ロボットによる各種仕上げ作業を実現するための、環境・作業情報構造化の枠組み構築

(1)で得られたデータから、個々のロボット動作プログラムを構築するための情報を共通化、定型化した形で工具やワークに搭載するための仕様決定、環境・作業情報構造化を適用するシステムの枠組み構築を行った。

(3) 仕上げロボットシステムへの環境・作業情報構造化技術適用のための情報分散配置方法の検討

環境・作業情報構造化を利用した仕上げロボットシステム実現のための、情報分散配置方法の検討を行った。特に、ワークや工具など、金属製の物を多く取り扱うことから、それに適した情報の貼り付け方法、取得方法を検討した。

(4) 環境・作業情報構造化技術を用いた仕上げ作業向けロボット動作プログラム自動生成システムの構築

環境・作業情報構造化を利用した仕上げロボットシステムにおいて、環境から取得した情報を利用し、ロボット動作プログラムを自動生成するシステムの構築を進めた。

(5) 提案システムの基本動作確認と評価、改良

全体の評価システムを構築・試作し、提案システムの基本動作確認と評価検証、改良提案を行った。

4. 研究成果

本研究課題で得られた主な成果を以下に示す。

(1) 工場の現場における代表的な仕上げ作業である、面取り作業と磨き作業について、熟練作業者の作業動作の観察、動作解析、分類整理を行い、その結果に基づく、実機作業の作業動作モジュールを作成した。これにより、卓上グラインダによる面取り作業とベルトサンダによる磨き作業について、要求仕様から各種条件を設定し加工作業を行う、共通・定型化したロボット作業動作モジュールが作成された。作成した作業動作モジュールの加工精度は実機で評価し、要求精度を満たしていることを確認した(図2)。

(2) 環境・作業情報構造化を利用した仕上げロボットシステム実現のための、共通化、定

型化した形での工具やワークに搭載する情報の仕様を、具体的な実データに基づいて決定した。その際、「工具、ワーク、その他、それぞれシステムを構成する物体に配置する情報は、その構成物の製造業者が知り得る、かつ取得できる情報のみとし、それぞれの製作者が製造段階において、RFID タグを付与して情報を記載する」とのコンセプトに基づく、ロボットシステム（動作プログラム自動生成システム）の枠組み構成を提案した。これは、これまでの環境・作業情報構造化を利用したシステムの提案が、仕組みを重視したものとなっており、そこで扱う情報の内容が重要であるにも関わらず、その点を明確にしていなかったことへの対応であり、誰がどのような情報をどこに記述するかといった、今後実システムを構築するにあたって有用な、興味深い考え方の一提案が行えた。

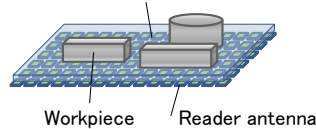
(3) 情報分散配置方法の検討については、仕上げ作業において、ワークや工具など、金属製の物を多く取り扱うことから、金属対応 RFID タグを利用したが、金属対応 RFID タグは通常の RFID タグと異なり、使用条件によってその読み取り性能が大きく異なることから、タグとアンテナの適切配置等の詳細検討に基づき、仕上げ作業ロボットシステムにおけるタグの貼り付け・情報取得方法を確立した。また、金属対応 RFID タグの読み取り範囲が極端に狭いことを逆に利用し、タグ内に記載した情報の読み取りと同時に、ワークに貼り付けた複数の RFID タグの情報を読み取ったアンテナの各位置から、ワークの位置姿勢を取得する2つの方式を提案し、実機による評価検証および提案システムの計測精度解析と精度向上提案を行った。(図3)

(4) 提案システムの全体の動作を評価する検証システムを構築・試作し、システムの基本動作確認、各配置情報の内容および配置場所の評価検証、改良検討を行った。その結果、提案した枠組み構成で、基本的な動作が行えることが確認されたが、システムが利用する



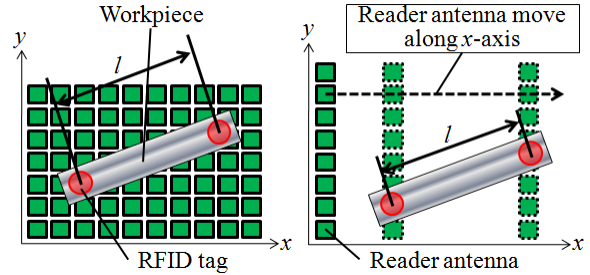
図2 面取り作業実験システム

RFID tag reading system (put under the workpiece tray)



RFID tag (attached to the bottom)

(a) システム概要



(b) タグリーダ固定型 (c) タグリーダ移動型

図3 RFID タグを用いた加工対象位置・姿勢計測システム

情報には、製作者が製造段階において記載可能な情報だけでなく、設置現場で初めて得られる必須情報があることがわかり、不足情報の取得方法およびそれを含めたシステムの枠組み構成改良案を提案した。最終的な提案システムは、図4のようになる。

本研究課題の実施により、環境・作業情報化を利用した仕上げロボットシステムの具

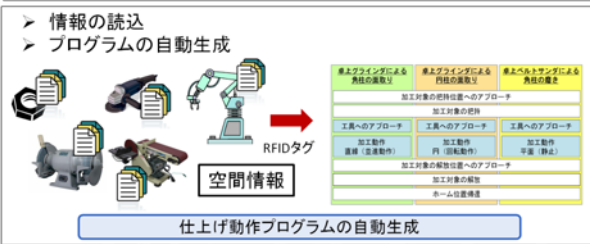
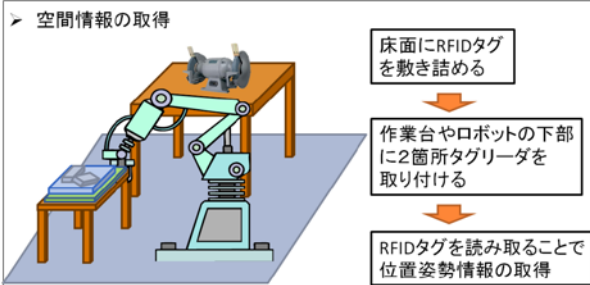


図4 最終的なシステム案

体的な構築手法が提案された。今後は、提案手法の各種仕上げ作業への適用により、その有用性と限界の評価が確立され、仕上げ作業へのロボット適用拡大につながると考える。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔学会発表〕(計8件)

①下山翔平、平山元樹、吉見卓、水川眞、安藤吉伸、村上弘記、環境・作業情報構造化を適用したロボットシステムの実装に向けた検討・評価、日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2013 (Robomec2013)、2013年5月23日、つくば市

② Motoki Hirayama, Motoki Hirayama, Takaaki Kanazawa, Masao Kawanami, Syohei Shimoyama, Takashi Yoshimi, Makoto Mizukawa, Yoshinobu Ando, Masakazu Fujii, Hiroki Murakami, Workpiece Position and Posture Measurement System by Using RFID Tag for Finishing Robot System, The 9th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI2012), 2012.11.28, Daejeon (Korea), 査読有

③平山元樹、下山翔平、吉見卓、水川眞、安藤吉伸、藤井正和、村上弘記、仕上げ作業ロボットシステムのための RFID タグを用いた加工対象位置・姿勢計測システムの計測精度解析、第30回日本ロボット学会学術講演会 (RJS2012)、2012年9月18日、札幌市

④川島拓麻、藤井孟、下山翔平、金澤鷹堯、河浪将大、吉見卓、水川眞、安藤吉伸、藤井正和、村上弘記、仕上げ作業ロボットシステムにおける加工対象ハンドリング手法の研究—反力を考慮した柔軟2指ハンドによる角柱の把持方法—、第12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 (SI2011)、2011年12月24日、京都市

⑤ Hajime Fujii, Syouhei Shimoyama, Takashi Yoshimi, Makoto Mizukawa, Yoshinobu Ando, Masakazu Fujii, Hiroki Murakami, Development of Environment and Task Motion Framework for Finishing Robot System -Arrangement and Usage of Information in the Environment-, 2011 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII2011), 2011.12.20, Kyoto, 査読有

⑥下山翔平、藤井孟、吉見卓、水川眞、安藤

吉伸、藤井正和、村上弘記、卓上グラインダを用いた面取り作業におけるロボットアームの力制御パラメータ取得、第29回日本ロボット学会学術講演会 (RJS2011)、2011年9月9日、東京都

〔産業財産権〕

○出願状況 (計4件)

名称：姿勢検出装置

発明者：藤井正和、村上弘記、吉見卓、河浪将大

権利者：株式会社 IHI、
学校法人芝浦工業大学

種類：特許

番号：特願 2012-120214

出願年月日：2012年5月25日

国内外の別：国内

名称：姿勢検出装置

発明者：藤井正和、村上弘記、吉見卓、金澤鷹堯

権利者：株式会社 IHI、
学校法人芝浦工業大学

種類：特許

番号：特願 2012-120215

出願年月日：2012年5月25日

国内外の別：国内

名称：Attitude-detecting apparatus

発明者：藤井正和、村上弘記、吉見卓、河浪将大、金澤鷹堯

権利者：株式会社 IHI、
学校法人芝浦工業大学

種類：特許

番号：10-2013-0009156

出願年月日：2013年1月28日

国内外の別：国外 (韓国)

名称：Attitude-detecting apparatus

発明者：藤井正和、村上弘記、吉見卓、河浪将大、金澤鷹堯

権利者：株式会社 IHI、
学校法人芝浦工業大学

種類：特許

番号：10-2013-0009157

出願年月日：2013年1月28日

国内外の別：国外 (韓国)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉見 卓 (YOSHIMI TAKASHI)

芝浦工業大学・工学部・教授

研究者番号：20501761

(2) 研究協力者

村上 弘記 (MURAKAMI HIROKI)

(株)IHI・技術開発本部・副所長