

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 TAN Jeffrey Too Chuan (たん じえふりー とう ちゅあん)

論文題目 Information Support for Assembly in Cell Production with Human-Robot Collaboration
(和訳：人間・ロボット協調セル生産の組立情報支援)

本論文は、セル生産型組立システムにおいて作業者とロボットとの協調による組立を進めるために、作業者へ情報支援を行う方法を研究対象とし、組立情報の抽出、情報生成システムの提案を行い、実験的にその有効性を検証し、最後に実生産システムに近い機器を使った情報支援システムを構築して検証したものである。

本論文は、英語で記述され、Information Support for Assembly in Cell Production with Human-Robot Collaboration (和訳：人間・ロボット協調セル生産の組立情報支援) と題し、全7章からなる。

第1章“Introduction”ではセル生産システムにおけるロボット導入の背景と先行研究を論じ、本研究の目的を定めている。セル生産システムの状況を述べ、人間・ロボット協調に関する先行研究から、現状と課題を整理している。セル生産システムの生産性は作業者の能力に強く依存するため、作業関連情報を的確なタイミングで提示することが重要であることを論じ、加えて、人間中心のアプローチの必要性を指摘している。

第2章は“Information Support”と題し、情報支援について論じている。まず、人間とロボットとの協調に関する情報支援を概念的に明らかにし、その実例として人間同志の協調作業実験を観測して、ロボットと人間との自然な操作の特徴を求めている。その結果、人間とロボットとの協調において支援すべき情報を抽出し、本研究において扱う情報の種類を確定している。章の後半では、情報支援システムにおける人間中心設計を実現するために必要な情報処理プロセス、人間系の特徴を参照し、協調系の設計の準備をしている。

第3章は“Extraction of Information”と題し、情報支援の対象となる情報を確定するための章である。組立は製品を構成する部品間の構造として定義されているが、部品間の関係を作り上げる作業者の行動に変換することが求められる。本研究では、組立のタスク分析を行うことで、人間が実施する作業から作業情報を抽出する方法を提案している。提案手法では、全ての組立工程をより単純なサブタスクに分割し、更に、それらのタスク間の関係をゴールとサブゴールがからなる階層構造で記述する。また、本研究の特徴である人間ロボット協調系にとって重要な情報についても言及し、組立技能、安全対策情報を纏めている。

第4章は“Organization of Information”と題し、タスク分析した情報を整理するためのタスクモデリング・プラットフォームの開発を行っている。このプラットフォームは、様々なメディアにおける表現形態である情報を作業情報にリンクさせ、作業支援情報として表示するためのソフトウェアシステムである。システムはJAVAで記述され、それぞれのタスクノードに情報属性を付けることで組立作業の内容、並びにそのメディア上での表現を関係づけている。システムは、ファイル管理システム、エディタ、属性管理システムなどのサブシステムからなっている。

第5章では“Information Support System”と題し、情報指示系を実際に開発している。まず、ハードウェア、ソフトウェアの両観点からの情報支援システムの仕様について論じ、実験によって、提示情報の位置、見せ方、認識の程度などに関する知見を得て、支援システムの設計仕

様を導出している。その結果、新しい提示システムとして、水平な透明作業台の下に大型液晶ディスプレイを組み込み、作業者が作業指示と実組立作業とを同じ場所で行うことの出来る組立作業台を使用して、続く実験を進めている。次に、提示情報の種別の違いを実験的に検討し、文字列、静止画、動画、音声などの選択の基準を明らかにしている。以上の知見を元に、作業者を支援するマルチメディアシステムを組立情報支援システムとして開発している。

第6章は“Total System Implementation and Evaluation”と題し、人間ロボット協調セル生産システムを構築し、システム全体としての評価を行っている。実作業として、ケーブルハーネスの組立を選び、人間・ロボット協調型セル生産システムに対して、提案する情報支援システムを実装した。章の前半においては、本研究で用いる人間・ロボット協調型セル生産システムの概要を説明している。タスクを分析し、モデル化し、最終的な情報支援を設計する。後半では、タスク分析、協調分析、モデル化、情報支援のためのそれぞれのシステムの有効性を、個別に評価している。最後に、システム全体での評価を行い、実装システムの有用性を明らかにしている。

第7章は“Conclusion and Future Work”と題し、本研究をまとめ、人間・ロボット協調型のセル生産システムにおいて情報支援システムが有効に機能したことを示している。また、組立作業の支援全体に対する本研究の貢献を論じている。最後に、今後の展望を述べている。

以上のことから、本論文は人間・ロボット協調セル生産において、組立作業に必要な情報を的確に作業者に支援するソフトウェア・ハードウェアの開発を行い、実験的にその有効性を検証したもので、これは人間・ロボット協調系において、価値ある成果だと言え、工学全般の発展に大きく寄与するものである。

よって本論文は博士（工学）学位請求論文として合格と認められる。