

氏 名 戴 英 達  
授与した学位 博 士  
専攻分野の名称 工 学  
学位授与番号 博甲第3881号  
学位授与の日付 平成21年 3月25日  
学位授与の要件 自然科学研究科 産業創成工学専攻  
(学位規則第5条第1項該当)  
学位論文の題目 Intelligent Control of Industrial System Based on Decentralized Agent  
(分散エージェントによる産業システムの知能化制御)  
論文審査委員 教授 小西 正躬 教授 村瀬 暁 教授 高橋 則雄

### 学位論文内容の要旨

近年、ロボット技術を医療福祉分野や生産作業に応用し、作業者の負担を軽減し、作業の安全性と確実性の向上を目指した研究が盛んに行われている。しかしながら、現在の技術では、人の感覚系、運動系の機能は解明されていない点が多く、このような介護を自律型のロボットに任せるのは危険を伴い、一般のユーザにとっては利用しにくいものとなっている。これらの背景から、介護する人の意図を的確に理解して介護を支援するロボット技術や、介護される人の意図を正しく理解してその行動を支援するロボット技術へのニーズが強い。生産現場では高温悪環境での人間作業を支援し安全な職場環境を実現する目的でロボットが導入されている。溶接や切断作業のように定型的な作業においてはロボット導入により安全な形で人間の作業負荷の大幅な軽減が達成されている。しかし、重量物の運搬や高所作業などの非定型作業においては、ロボットの機能としてパワーと器用さを兼ね備えたものがなく、人間と協調して人間作業を支援するロボットの実現が待望されている。

一方、生産システムの効率を高めることを目指して生産システムのコンピュータ制御が広く行われている。これら生産システムは多くの構成要素から成り立っているため、それらの相互作用があり全体の効率を高める方向に作用した場合と逆に効率を下げる方向に作用する場合がある。このため、大規模な最適化システムが構築されるように、いくつかの事例が報告されている。しかし、大規模であるが故に、一部の構成要素の制御方法を修正すると全体の最適化システムが影響をうける問題が生じている。この問題に対応するため人間が介入して問題が発生する度に介入し調整している。近年、分散エージェントの概念が提案され、大規模なシステムを分散型で実現することにより、大規模なシステムを簡単に扱えるだけでなく、一部要素機能の追加や削除にも容易に対応出来ることがわかってきた。

本研究では、分散エージェントに高度な判断機能を付与することにより、知能化された自律分散システムの実現を検討した。研究対象として、(1) マスタースレイブマニピュレータの手先軌跡の制御や双腕ロボットの協調制御を、また、(2) 生産システムとして製鉄所の原料ヤードの搬送制御と高炉の制御問題とをとりあげ分散エージェントの構築と適用を検討した。

まず、人間と協調するロボットの例題として、2台のスカラロボットが協調動作するための制御技術を研究目的とした。すなわち、1台のロボットをマスタロボット(人間)とし、1台のロボットをスレイブロボットとして、マスタースレイブロボットが協調して一つの作業をおこなうための制御技術を研究の目的とした。つぎに、複数の搬送車をそれぞれが意思決定機構を持つエージェントとして構築し、各エージェントが自律的に搬送経路の決定をおこなう分散型の搬送スケジューリング法を提案した。事例として製鉄所上流工程における原料の搬送計画および生産計画の最適化を取り扱った。

以上で述べたように、本研究ではリカレントニューラルネットワーク(RNN)を自律分散エージェントの判断エンジンとして用い、制御結果を複数の評価関数によって評価し、RNNへの入力とすることにより、人間が行う判断に近い知能化を人工的に実現する方法を提案した。これらの提案法は数値実験により、その効果が検証されており、今後広く各分野で応用可能と考えている。

## 論文審査結果の要旨

この研究は、分散エージェントに高度な判断機能を付与することにより、知能化された自律的分散システムの実現を検討したものである。すなわち、リカレント型ニューラルネットワークモデルを中核とする複数のエージェントが分散環境で産業機械や生産システムの制御目的を達成するために機能を発揮する仕組みを構築した。研究対象として、(1) マスタースレイブマニピュレータの手先軌跡の制御や双腕ロボットの協調制御を、また、(2) 生産システムとして製鉄所の原料ヤードの搬送制御と高炉の制御問題を取り扱っている。

ロボットの協調制御については、2台のスカラロボットが協調動作するための制御技術を研究した。すなわち、1台のロボットをマスタロボット(人間)とし、1台のロボットをスレイブロボットとして、マスタスレイブロボットが協調して一つの作業をおこなうための制御技術を提案した。つぎに、生産システムの制御については、複数の搬送車をそれぞれが意思決定機構を持つエージェントとして構築し、各エージェントが自律的に搬送経路の決定をおこなう分散型の搬送スケジューリング法を提案した。適用事例として製鉄所上流工程における原料の搬送計画および生産計画の最適化を取り扱った。数値実験により、搬送系のトラブルや生産設備の故障に対して分散エージェントが有効な対応策を立案し全体システムの機能を維持することを確認した。これらの結果は、学術的に評価され、査読付き英文論文誌1編と査読付き国際会議論文として2編掲載されている。

以上で述べたように、本論文で提案する方法は、リカレント型ニューラルネットワーク(RNN)を自律分散エージェントの判断エンジンとして用い、制御結果を複数の評価関数によって評価し、RNNへの入力とすることにより、人間が行う判断に近い知能化を実現する方法を提案したものである。数値実験により効果が検証されており、今後広く各分野で応用可能である。よって、本論文は博士(工)の学位に値する。