



自律分散型機械加工システムに関する研究

樋野, 励

(Degree)

博士 (工学)

(Date of Degree)

2001-09-21

(Date of Publication)

2008-04-25

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

乙2566

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D2002566>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



【343】

氏名・(本籍) 樋野 励 (兵庫県)
博士の専攻分野の名称 博士 (工学)
学位記番号 博ろ第233号
学位授与の要件 学位規則第4条第2項該当
学位授与の日付 平成13年9月21日

【学位論文題目】

自律分散型機械加工システムに関する研究

審査委員

主査 教授 森脇 俊道

教授 北村 新三

教授 田浦 俊春

(別紙様式3)

論文内容の要旨

氏名 樋野 励

論文題目 (外国語の場合は、その和訳を併記すること。)

自律分散型機械加工システムに関する研究

情報網の発達により、消費者は市場にある製品の中から自分にとって好ましいものを選択できるようになり、また同時に企業は市場の動きから消費者が望んでいるものを知ることができるようになってきている。この動きは、インターネットに代表される情報網の発達によりさらに急速に進みつつある。

製品に対する消費者の反応を瞬時に把握することが可能になっていることから、企業の市場に投入する製品の開発と製造に対する姿勢が変りつつある。たとえば、成熟していない技術であっても市場に導入し、消費者の反応を見つつ技術の改良や新技術の開発を行ない、状況によっては開発の中止や仕様の変更を行う傾向が見られる。消費者についても企業と同様の傾向が見られる。すなわち、市場に投入された製品の情報を十分な検討も行なわないうちから購入し、場合によっては、すでに類似の機能の製品を持っていても、新しい製品の購入を行う場合が多く見られる。

一般には、消費者の嗜好は千差万別であるため、企業はそれに対応する必要があるように論述される傾向がある。しかし、商品の開発の指導権に関して言えば、消費者と企業のどちらが握っているかを明確にすることは難しい。消費者の要求から製品が生まれることも、企業によって流行が作りだされることもあるためである。しかしながら、市場に流通する製品の種類は膨大になり、その寿命は極めて短くなっていることは事実である。そのため、製造の形態は今までのように、大量に生産することで高品質で安価な製品を作り出すことは出来なくなっている。いわゆる大量生産から多品種少量あるいは変種変量生産への移行は、以前から指摘されてきているが、現実にはそのような移行を求められる状況になっている。

生産効率を高める動き、あるいは生産形態を見直す試みは、我々人類が物を造り出し始めた時から常に行われている行為である。この歴史をまとめることは容易ではないが、本論文では、工作機械を中心とした生産システムについて、これまでの生産システムの形態に基づいて工作機械の持つ機能の高度化と新しい生産システムに関する検討を行う。

次世代の生産には、製品の仕様変更が頻繁に行われるような製造、あるいは短期間での新製品の製造に対して、大量生産と同程度かそれ以下のコストで生産活動を行うことが望まれる。そのためには、工作機械など生産設備の高度化を進めるか、あるいは所有する機械の使用方法を変えることにより生産システムの高度化を進め、さまざまな製造方法に応

じることができる体制を整える必要がある。

工作機械の高度化に関する動きは、それまで作業者が手作業で行ってきた行為を機械に置き換えることから始まっている。この流れは、カム機構やクランク機構などに代表される機械的な機構を利用した専用機から、数値制御装置を備えた汎用機へと移り変わっている。最近では、ネットワークを利用することで、作業者が生産に必要な情報を、作業場において状況に応じて入手することが可能にする検討や、測定機器などを搭載し、品質を保証した加工を行なうことが可能な工作機械などの開発が行われている。また、技能の継承に関する問題点も顕在化しており、熟練作業者の持つ技能や知識を備え、加工に必要なさまざまな判断を工作機械自身が行うことを可能にする技術の検討などが行なわれている。

一方、生産形態に対しては、ベルトコンベヤが象徴する大量生産の形態から、単一の機械により全ての加工を終えることができる複合型の機械に基づいた生産方式まで、さまざまな形態の生産システムが提案されている。とくに、1970年代からは分散型の生産システムあるいは自律分散型の生産システムなどの新しい概念に基づいた生産システムの形態が提案されている。この動きは、生物の形態を参考に現在でも精力的に研究活動が行われている。しかし、新しい生産システムに対しては工作機械の機能の高度化に比べ実際の生産活動に導入されている例はほとんどない。

次世代の生産に必要な技術は、単なる工作機械の高度化を考えるだけでは不十分であり、また抽象化された工作機械の運営方法の枠組みを与える生産システムの形態を考えるだけでは十分ではない。すなわち工作機械が生産システムのなかで担う役割を十分に検討し、その位置づけを明らかにした上でシステムの形態を考え、また同時に個々の機械に求める機能を開発しなければならない。

本論文では、工作機械に代表される生産設備と生産システムとの関連を検討し、新しい工作機械の姿と要求される技術の開発を行うことを目的とする。具体的には、新しい生産システムの形態の提案に始まり、高度な情報処理に基づいた工作機械の制御技術の開発、自律的な情報処理を行う機械による協調動作に裏付けされた生産システムの自律的な運営方法についての検討を行う。

本論文は以下の章から成る。

第1章では、研究の背景と目的について述べる。

第2章は、生産形態の移り変わりを概説し、新旧の生産システムの考察を行う。特に生産システムにおける物の流れと情報の流れを考察の基礎におき、現存するシステムおよび提案されているシステムの形態を分類することにより、それぞれの特徴と違いを簡単にまとめる。さらに、この検討結果に基づいて、新たな生産システム形の形態を提案する。また、そのシステムの形態から期待することができるシステムの特徴的な性質について説明する。

本論文で提案する生産システムの形態はハンガリーの思想家 A. Koestler が指摘したホロンの概念に基づいている。ホロンの概念に基づくこととされる生産システムは、1970年代にも提案されているが、これには多くの誤解がある。ここでは、それらの問題点にも触れ、さらに自律と協調というシステム要素の性質に基づいて新たな展開を行う。提案する生産

システムの重要な特徴は、システムとシステム要素との区別を行わないということに集約される。

第 3 章は、工作機械をシステムとして捕えることで、高度な情報処理機能を備えた工作機械の構造を明らかにすること、およびそのための情報処理の方法および工作機械の動作補償の実現方法について提案する。具体的には、工作機械の行う処理について、物の流れと情報の流れに基づいて分析を行い、新たに付与する情報処理装置の位置づけを明確にする。また、材料が破壊する際に生じるアコースティックエミッションと呼ばれる現象をコーティング工具に適用し、さらにニューラルネットワークによる情報処理を利用することにより学習機能を備えた工作機械の開発例を示す。さらに、オープンアーキテクチャ CNC を搭載した工作機械を利用することで、情報処理の結果に基づいて、指定された加工動作を自律的に補正することが可能な工作機械の構築例を示す。

第 4 章は、工作機械をシステム要素として捕え、個々の工作機械が互いに情報交換を行うことで、自律分散型の生産システムの構築に必要な技術の提案を行う。

具体的には、スケジューリング問題を対象に、スケジューリング問題の持つ意義と自律分散的な工作機械に求められる機能を明らかにし、再帰的伝播法と名付けた情報交換手順を提案する。提案する手法は、情報処理に求められる計算コストの点から評価し、その改良結果について言及する。提案する手法は、従来のいわゆる集中管理的なシステム運営に用いられるスケジューリング手法との比較により評価する。さらには、1 台のパーソナルコンピュータを 1 台の工作機械に見立て、複数の工作機械から成る生産システムを構築し、その実現可能性を示す。

第 5 章は、工作機械を生産システムとシステム要素の両方の側面を有するものとして捕え、第 2 章で提案した生産システムの形態に沿った工作機械に求められる情報処理方法の提案を行う。具体的には、第 4 章で提案したスケジューリング問題を第 2 章で提案するシステムの形態に合わせて修正し、再帰的伝播法による情報交換方法を拡張する。提案する手法は、計算機シミュレーションに基づき評価することで、その妥当性と意義を明らかにする。提案する情報交換方法は、2 章で取り上げるシステム構造を前提にしており、包含関係に基づいた階層構造を有する生産システムの高度な運営を実現する上での必要条件のひとつとして取り扱うことが可能である。提案する手法だけでは、システムに求められるすべての性質を実現することはできないが、スケジュール調整に基礎をおいて提案する情報交換方法とシステムの柔軟性あるいは頑強性などの性質との関連について考察を加える。

第 6 章は全体の総括を行う。

論文審査の結果の要旨

氏名	樋野 励		
論文題目	自律分散型機械加工システムに関する研究		
審査委員	区分	職名	氏名
	主査	教授	森脇 俊道
	副査	教授	北村 新三
	副査	教授	田浦 俊春
	副査		
要 旨			
<p>本論文は、生産システムを構成する要素のひとつである工作機械を中心に、自律分散化された工作機械から成る機械加工システムに関する研究成果について述べている。本論文は以下の章から構成される。</p> <p>第 1 章では、情報処理技術の発達により企業の生産活動に対する姿勢、および消費者の購入に関する意識の変化から、多品種少量生産あるいは変</p>			

種変量生産への移行が従来にも増して必然性が高まっていること、および生産システムの構造と、その構造にあわせた工作機械の高度化の重要性を指摘し、研究の背景、研究の目的および論文の構成を述べている。

第 2 章では、現在までに提案されている生産システムについて、材料、部品あるいは製品などの物の流れと、製品仕様、製造計画あるいは加工状態などの情報の流れの 2 つの観点から、システムの形態について整理している。また、ハンガリーの思想家である A. ケストラーによって提案されたホロンの概念を、生産システムに対して拡張し、システムとシステム要素との相互関係について整理している。また、このホロンの概念から導出されるシステムの階層構造に基づいて、情報処理によって行動を決定することができるシステム要素の協調動作と、それらの集合体として得られるシステムの自律的な動作の関係について言及している。さらに階層的に分散している構造をもつシステムに期待することができる特徴についても言及している。

第 3 章では、工作機械を加工軸、制御装置、工具あるいはデータベースなどから構成されるシス

テムとして捕らえ、センサから得られる情報によって、従来の工作機械には無い状態認識機能の実現、あるいは加工精度を達成するための方法論を提案し、切削加工実験により有効性を検証している。

第4章では、工作機械を生産システムを構成するシステム要素としてとらえ、効率良く生産システムの運営を行うために、工作機械の意思決定に関する検討を行っている。具体的には、スケジューリング問題を対象とし、機械間の情報交換による準最適なスケジューリングを得るために必要な情報交換手順についての提案を行っている。提案する手法は、従来の自律分散型生産システムで用いられる手法とは異なり、情報交換に必要な処理手順の再帰性を利用するものである。提案する手法は計算機シミュレーションによる他手法との比較による有効性の検証のほか、複数台のコンピュータから構成されるネットワークシステムへの実装により、その実現可能性の検証を行っている。

第5章では、第2章で示した生産システムの構造を前提に、第4章で提案された情報交換方法を拡張することで、工作機械をはじめとする生産活動に関係する対象、すなわち工作機械のほかにセ

ルやショップあるいは工場などを、システムとシステム要素として同時に扱うための検討を行っている。具体的には、複数の工作機械に対して定められるスケジュールと、複数の工作機械の集合体である工場との関係に着目することで、階層型のスケジューリング問題の提案を行っている。ここでは、機械がスケジューリングを変更した際に上位あるいは下位のシステム要素に与える影響について分析し、4章で提案する情報交換方法を、階層構造からなる機械加工システムに対して拡張している。提案する方法の妥当性および有効性については、計算機シミュレーションによる検証を行っている。

本研究は、生産活動の中心的な役割を担う機械加工システムについて、自律分散性を実現するために必要な要素技術および情報処理技術について研究したものであり、次世代の機械加工システムを実現する上で重要な知見を得たものとして価値ある集積であると認める。

よって、学位申請者 樋野 励 は、博士（工学）の学位を得る資格があると認める。