

氏 名（本 籍）	菅 原 光 政 （岩手県）
学 位 の 種 類	博 士（情報科学）
学 位 記 番 号	情 博 第 73 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 10 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ， 専 攻	東 北 大 学 大 学 院 情 報 科 学 研 究 科（博士課程）システム情報科学専攻
学 位 論 文 題 目	製 造 の 上 流 工 程 に お け る 意 思 決 定 支 援 の た め の 情 報 シ ス テ ム の 構成法に関する研究
論 文 審 査 委 員	（主 査） 東 北 大 学 教 授 宮 崎 正 俊 東 北 大 学 教 授 白 鳥 則 郎 東 北 大 学 教 授 根 元 義 章

論 文 内 容 要 旨

製品の多様化が進展し開発期間に対する短縮化の要求が厳しく、単に設備や機械の自動化や管理面での効率化だけではその対応が困難になっている。特に、機械工業等の製造工程は、治工具の製造および部品製造を行う上流工程と、製品製造を行う下流工程に分類され、多くの部品が下流工程に合流するため製造所要期間が長期化する傾向にある。さらに、この部品加工が分散的に製造され下流工程に投入されている場合には、その傾向は顕著となる。そのため、製造工程の上流から下流に至る物の流れを円滑にするための製造準備における情報の有効的な活用が求められている。

製造期間の短縮には上流工程の期間短縮が有効であり、特に上流工程のなかの製造準備の期間を短縮するのが最も効果的である。その実現には、製造準備における工程設計や生産スケジューリングにおいて、従来の経験や勘に頼る方法ではなく、的確な情報に基づく最適な意思決定が必要である。そのため、部品形状との関連性が高く全体の生産効率に影響する治工具である金型の製造工程と、金型が投入される部品製造工程を取り上げ、その製造準備期間の短縮を支援するための情報システムの構成法に関する研究を行った。

第2章では、製造の上流工程における物の流れと製造準備の機能を明確にしたうえで、全体の製造期間に大きく影響を与える金型の製造工程を支援する情報システムの構成法を提案し、その適用により製造期間の短縮と管理業務の削減が可能なことを確認している。

製品の開発においては、研究試作段階から量産段階への移行を通じ、生産工程の安定化、開発期間の短縮化を図り、的確なタイミングと適正なコストにより、製品を市場へ提供しなければならない。そのためには、製造準備における意思決定を的確に行い、それを滞りなく実行に移行させる必要がある。そこでは、顧客からの受注情報、設計等の形状に関する情報、加工上の生産技術に関する情報に加え、生産現場の運用に関する情報等、性質の異なる情報の扱いを考慮しなければならない。さらに、部品製造に不可欠な治工具としての金型は注文ごとに仕様が違うため、一品ごとの形状や加工経路が異なるだけでなく、金型製造とそれを用いた部品製造が連続して行われ、金型製造と部品製造間の情報の流れが複雑になる。本章では、このような製造準備における情報の流れと上流工程における物の流れを明確にし、金型の製造工程を支援する情報システムの構成法を提案している。

第3章では、第2章で対象とした金型が投入される部品製造の製造準備における工程設計を支援する情報システムの構成法を提案し、その適用により工程設計の処理時間の短縮が可能なことを確認している。

ここでは、多くの製品製造に部品として供給される板金加工を取り上げ、製造準備における工程設計の並列、協調処理を実現している。工程設計の機能を意思決定内容により“金型の選択処理”，“金型の加工手順の決定”，“NCプログラム作成処理”，“生産スケジューリング”に分割し、それぞれに必要な情報の内容と時期を明確にし、早期に情報を入手することにより処理の並列化を可能とする。また、協調処理では情報の共有化が不可欠であり、その実現手段として事例データベースの構造を述べている。これは設計情報と加工情報、相互の関連で同期処理がなされるように設計されている。したがって、変更も含めた処理の適時性と容易性において効果的である。

これらの処理を情報システムによって支援することにより、それまでの直線的な仕事の流れを並列的に処理することにより、処理時間の短縮化が可能となる。さらに、その短縮時間を定量的な目標値として事前に示すことができ、各技術者（工程設計者、生産計画担当者、作業設計者）が作業遂行上の共通基盤に立つことができる。

第4章では、3章で提案した工程設計方法をより具体化するため、加工手順の決定支援のための情報システムについて提案し、その実装により、加工手順の標準化と加工手順の決定時間の短縮が可能であることを検証している。

ここでは、特に部品形状の決定と加工方法に直接影響を与える金型に関する情報に着目し、部品と金型の形状及びその加工手順に関する情報の関連性を保ち事例データベースに蓄積する。これにより、類似する形状と加工手順の検索を可能にするとともに、加工手順の決定に必要な情報の提供を行い、加工手順の決定に要する期間短縮、設計変更処理の削減、設計変更後の処理の容易性を実現している。加工手順の決定は、多くの金型種別の中から加工に必要なサイズに基づき最も効果的な金型を決定する“金型選択処理”と、その情報に基づき、生産効率と精度を考慮し加工の順序を決定する“金型加工手順の決定処理”の二つのプロセスに分類され、それぞれが情報システムにより支援される仕組みとなっている。提案した情報システムにより製造準備期間の短縮が実現しただけでなく、次の点で効果的である。

- (1) 部品形状と加工方法の特徴が対応して蓄積され、設計と製造の効率化が図れる。
- (2) 設計変更が減少するとともに、設計変更後の処理が容易になる。
- (3) 金型選択と加工順序決定、それぞれの処理効率と標準化が促進される。

第5章では、製造準備における生産スケジュールの効果的な立案が不可欠な短期生産計画の構造と、それに基づく情報システムの方式を提案している。

これまで、ロットサイジングや生産スケジューリングに関しては多くのアルゴリズムが提案されているが、実際の現場ではあまり利用されていないという状況がある。特に需要が時間によって変化する状況や、様々な材料や部品がメイラインに供給されて最終製品に組み立てられる総合的生産システムにおいては、その傾向が顕著である。その主な理由として次のようなことが考えられる。

- (1) これらのアルゴリズムが極めて複雑で製品の種類や生産工程が多くなると計算が指数的に増加し、再スケジュールに対応できなくなる。
- (2) スケジューリングの決定は能力計画内容以外、マーケット等の様々な要因によって影響される。
- (3) 現実のスケジューリング環境は、それぞれ特殊な性格を持っており、実際の処理では最も取り扱いやすいロットサイズで行われるうえ、代替設備や代替加工手順が考慮される。

したがって、品質の良いスケジュールは計算機中心のアルゴリズムにしたがうよりも、むしろ熟練した生産計画担当者が持つ経験によって生まれる場合が多い。しかも、その方がダイナミックな環境で柔軟性がある。しかしながら、スケジュールを人間の判断のみで作成しようとする、計画のためのリードタイムを要するだけでなく、スケジュールの過程で生産性を高めることは難しい。したがって、効果的な支援システムを必要とする。提案した情報システムは次のような特徴を持っている。

- (1) 能力計画と詳細なスケジュール決定をリンクするための階層構造となっている。
- (2) 各計画レベル間で人間の判断を取り入れている。
- (3) 最小コストをめざすのではなく、動的な環境のもとで適応性を持たせている。

ここでは、製品構造と加工方法の類似度に対応する3段階の階層構造を持つ生産計画システムを設計している。第1レベルは総和生産計画で第2レベルはファミリーの総和、さらに第3レベルがロットサイジングとアイテムの総和の各階層から構成される。これによって、階層ごとの処理結果に対する人間の判断の取込みが容易となり、迅速な再計画処理が可能となる。これを実際の製造に適用して生産スケジューリングの容易性と時間短縮の可能性を確認している。

第6章では、3、4章の工程設計で決定されたジョブ単位に必要な金型の組合わせ情報と、5章の短期生産計画で決定された能力計画情報に基づき、製造準備としての生産スケジューリングを支援する情報システムを提案している。

計画に関わる決定では将来の活動の内容を決定するため、決定時点における情報の確定度は低く不確かである。このような情報に基づいて全体計画を一度に決定しても、その後、情報の確定する割合が高まることにより再計画が頻繁に生じてしまう。したがって、計画決定時点と計画対象期間に応じた計画内容を決定しなければならない。中でも活動直前での計画（指示）決定では、新たな仕事の割り込みや環境変化等の情報が飛び込んでくるため、緊急な対応が要求される。これらの問題解決のため、的確性はもとより、計画及び再計画の立案に要する処理の迅速性と容易性といった実用面を重視した情報システムモデルを提案している。その基本的な構造を“ジョブの分類処理”と“投入順序の最適化処理”の階層構造とし、適用するうえで次の方式を提示している。

- (1) 限定された装置数に対し、種類が増加する投入物との関係の定式化
- (2) 上記で必然的に発生する、取り替え状態とその回数の算出方式
- (3) ジョブ投入順序によって変化する取り替え回数の最適化問題としての処理方式
- (4) ジョブの増加に対し、処理回数を抑制するための処理方式

これらの考え方に基づいた実装による実験結果、次の点で有効性が確認された。

- (1) 階層的な情報システム構造による処理対象の絞り込みの可能性
- (2) 最適化処理による治工具の取り替え回数の最少化
- (3) 処理対象を絞り込むことによる処理時間の短縮化

したがって本提案モデルにより、生産現場で数多く見受けられる次のような環境条件の複合問題の解決に有効である。

- (1) 有限個の装置と無限個に近い投入物との間で発生する取り替え回数の最少化問題
- (2) 生産スケジューリングでのジョブ数等、増加する要素同士で発生する組み合わせ問題

これらにより、小ロット生産の増加に対する段取り効率の向上、生産量の増減に対する自動設備の有効活用（無人化運転等）への対応を可能とし、さらに生産スケジューリングに要する情報処理時間の短縮が図られた。

以上のように、製造所要期間の短縮化と生産効率の向上を図るため、製造の上流工程を対象に、その製造準備における意思決定を支援する以下のような情報システムの構成法を提案した。

- (1) 製造準備期間を短縮するための工程設計
- (2) 製造準備期間を短縮するための加工手順の決定
- (3) 動的生産環境へ適合可能な生産計画
- (4) 生産効率と設備稼働率の向上を目的とした生産スケジューリング

本文で取り上げた上流工程としての治工具の製造や部品製造はフレキシブル生産システムの一貫であり、多くの汎用NC機械やマシニングセンターと連動し製品化がなされている。その過程で様々な骨格部品や付属部品の組合わせにより製品形状が決定され、加工方法も決められていく。提案した情報システムは、部品形状と治工具である金型の形状及びその加工方法との関連に基づいて製造準備を支援するものであり、そのような生産現場において広く適用することができる。

審査結果の要旨

製品の製造工程は、治工具の製造および部品製造を行う上流工程と、製品製造を行う下流工程に分類されるが、最近特に要求が厳しくなっている製造期間の短縮には、上流工程の期間短縮が有効である。その実現には、上流工程のなかの製造準備の期間を短縮するのが最も効果的であるが、そのためには製造準備における工程設計や生産スケジューリングにおいて、従来の経験や勘に頼る方法ではなく、的確な情報に基づく最適な意思決定が必要である。そこで著者は、治工具である金型の製造工程と、金型が投入される部品製造工程を取り上げ、その製造準備期間の短縮を支援するための情報システムの構成法に関する詳細な研究を行った。本論文はその成果をまとめたものであり、全編7章からなる。

第1章は序論である。

第2章では、全体の製造期間に大きく影響を与える金型の製造工程を支援する情報システムの方式について論じ、その適用により製造期間の短縮と管理業務の削減が可能であることを確認している。これは、上流工程の製造準備に対する情報活用の有効性を示す興味深い成果である。

第3章では、2章で対象とした金型が投入される部品製造における製造準備の工程設計を支援する情報システムの構成法を提案し、その適用により工程設計の処理時間の短縮が可能であることを確認しており、実用上の有効な成果を得ている。

第4章では、工程設計における加工手順を能率よく決定する方式を提案し、その実装により、加工手順の標準化と加工手順の決定時間の短縮が可能であることを検証している。これは、効果的な工程設計を行ううえで有用な指針を与えるものである。

第5章では、生産スケジューリングの方式を検討し、それに基づく情報システムの構成法を提案している。これを実際の製造に適用して生産スケジューリングの容易化と時間短縮が可能であることを確認している。これは、生産スケジューリングを効率化するうえで有用な成果である。

第6章では、生産スケジュールの精度を高めるための方式を提案し、その実装を行い、実験により性能評価を行っている。この結果から、生産効率と設備稼働率の向上および処理時間の短縮を検証している。これは、生産スケジューリングの最適化の一手法として有用な成果である。

第7章は結論である。

以上要するに本論文は、製造の上流工程における製造準備に対する意思決定支援のための情報システムを設計開発し、実際の製造に適用してその有効性を実証したものであり、システム情報科学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（情報科学）の学位論文として合格と認める。