



# マスクスタマイゼーション実現のための主体間の交渉・協調による生産スケジューリング手法に関する研究

杉之内, 将大

---

(Degree)

博士 (工学)

(Date of Degree)

2018-03-25

(Date of Publication)

2019-03-01

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲第7201号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1007201>

※ 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。



(別紙様式3)

(氏名: 杉之内 将大 NO. 1)

## 論文内容の要旨

氏 名 杉之内 将大

専 攻 システム科学

論文題目 (外国語の場合は、その和訳を併記すること。)

マスカスタマイゼーション実現のための

主体間の交渉・協調による

生産スケジューリング手法に関する研究

指導教員 貝原 俊也

(注) 2, 000字~4, 000字でまとめること。

顧客ニーズの多様化に伴い大量生産された画一的な製品・サービスを提供するのではなく顧客一人一人のニーズに対応することが求められている。その方法として、多様な顧客ニーズへの対応と高効率・低コストでの製造の両立を目指すマスカスタマイゼーションに着目が集まっている。

マスカスタマイゼーションの実現方法の一つに部品のモジュール化による方法がある。モジュールごとに複数のバリエーションを量産部品として準備し、モジュールを組み合わせることで多様なバリエーションの実現と、各部品を大量生産することによる低コストでの製造の両立を目指す。マスカスタマイゼーションの実現のためには、顧客を製造に取り込むことが必要不可欠であるとされており顧客が自身のニーズを表現するための枠組みが求められている。製品を製造・提供する企業が、1企業の基準のみに従い製造に関わる計画を立案するのではなく、企業が顧客と共に計画を立案し顧客の意見を取り込むことで顧客と企業の両者によってより良い製造及び製品の提供が可能となると考えられる。また、サプライチェーンが複数の企業から構成される場合は、その企業間でも計画立案の基準が異なることが考えられる。そこで本研究ではマスカスタマイゼーションの実現を目指し、顧客及び企業交渉・協調による生産スケジューリング手法を提案する。立場及び目的が異なる複数の主体間で交渉を行うことで、製造に関わる全ての主体の合意点となる計画を得ることを目指す。

製造に関わる主体間の交渉を模した手続きにより計画を立案するための手法として組合せオークションに着目し、組合せオークションを用いた主体間の交渉を模した近似解法を提案した。主体間の交渉の合意点をより効率的に得ることに着目し、Ant Colony Optimization で用いられるフェロモンを導入した組合せオークションを用いた主体間の交渉・協調による計画立案手法を提案した。提案手法では、受発注計画や日程計画など生産に関わる計画を複数の入札者への財の配分を決定する問題としてモデル化・定式化し、入札者である製造に関わる各主体が自身の意見を入札として表現しオークションを繰り返すことで複数主体間の交渉の合意点を得ることを目指す。

はじめに、サプライチェーンを構成する複数の企業間での交渉による受発注計画立案手法を提案し、交渉過程での企業の情報共有の有効性を検討した。

リードタイムの長期化により需要予測の困難さは増大しており需要予測の精度を高めることだけでなく、需要予測を見誤った場合の対応は重要な戦略となる。実際の発注が需要予測を下回る場合は調達した部品が不良在庫となるリスクや余分な保管コストが生じるものの、製造に与える影響はない。一方で、実際の発注が需要予測を上回る場合は在庫不足が生じるために今期に製造する発注と次期以降に製造する発注の取捨選択を行う必要がある。取捨選択する際は今期の利益の最大化を目指すだけでは不十分であり、販社であれば重要な顧客の存在、製造拠点であれば棚卸し資産の最小化によるリスク低減などサプライチェーンを構成する企業によって取捨選択の基準は異なる。また、ある販社内での顧客の

(氏名： 杉之内 将大 NO. 2 )

優先度のように、各企業が保持する情報の中には他の企業に公開・共有することが出来ない情報が含まれる。サプライチェーンの構成企業が保持する全ての情報を本社に集約し、本社が受発注計画を立案することは現実的でないため、企業間の交渉により受発注計画を立案した。サプライチェーンの構成企業が顧客からの発注を0から1の無次元化・正規化された満足度という値を用いて評価し、満足度の最大化を目指し企業間の交渉を模した組合せオークションを用いて受発注計画を立案する手法を提案した。組合せオークションの入札者であるサプライチェーンの構成企業が今期に製造したい発注の組合せに入札を行い、入札する発注の組合せを変更しながらオークションを繰り返すことで合意点を得ることを目指した。企業が保持する情報を受発注計画の評価指標に関わる情報と、評価指標に直接関わらない情報の2種類に分類し、情報共有が受発注計画に与える影響について計算機実験の結果から考察した。その結果、提案手法で評価指標に関わる情報を共有することでより少ないオークションの繰り返し回数で交渉の合意点となる計画を得ることが可能となり、評価指標に直接関わらない指標を共有することでより良い目的関数値を持つ計画を得ることが可能となることがわかり、交渉の過程での主体間の情報共有が主体間の交渉を模した計画立案手法に対して有効であることがわかった。

次に、顧客間の交渉を模した組合せオークションを用いてある1期中の日程計画及び部品選定を同時に立案する手法を提案した。日程計画とは複数個の仕事の処理順序を決定する問題であり、部品選定とは製造拠点で準備した量産部品の中から各顧客が発注した製品を構成する各モジュールを選択する問題である。日程計画と部品選定を同時に考慮し立案することで、生産効率と各顧客のニーズへの対応の両立を目指した。特に、交渉過程での主体間の協調に着目し、ACOで用いられるフェロモンを導入した組合せオークションを用いた顧客間の交渉・協調による日程計画及び部品選定の立案手法を提案した。顧客の納期は部品選定により決まる製品に対する満足度により決まるものとし、計画の評価指標は総納期遅れ最小化とした。オークションにかけられた財をあるタイムスロットにおける製造拠点が保有する機械の使用権とし、入札者である顧客が部品選定を行い、タイムスロットに入札することで日程計画を立案した。日程計画及び部品選オークションの繰り返し過程で、各入札者が入札した財にフェロモンを添加し入札者間でフェロモン分布を共有することで、他の入札者との協調を図った。入札作成の際に、フェロモン分布から他の入札者が求める財を推測し、それを参考に入札を作成することで効率的に合意点を得ることを目指した。フェロモンの特徴である拡散・蒸発に着目し計算機実験を行うことで、入札履歴の記憶及び入札者間での協調にフェロモンを用いることの有効性を検討した。計算機実験の結果から、財にフェロモンを添加しそのフェロモンが時間と共に蒸発すること及び、フェロモンが周囲の財に拡散することが有効であることがわかった。また、フェロモンを用いて顧客が主張したものの採用されなかった意見を記憶することの有効性について計算機実験を行い検討した。その結果、採用されなかった意見を記憶することは有効であるものの、

(氏名： 杉之内 将大 NO. 3 )

その影響が大きくなると得られる計画の目的関数値が悪化することがわかった。

最後に、製造拠点が顧客ニーズを推定することで量産部品の仕様及び、量産部品のパリエーションを決定する手法を提案した。製品の仕様決定に製品に対する知識が豊富な顧客の意見を取り入れることは有効であるとされており、マスカスタマイゼーションの実現を目指し、顧客の意見を取り込むことで仕様を決定することを目指した先行研究は行われてきたが、実際に製造を行うことについては十分に考慮されていなかった。そこで日程計画及び部品選定の立案の過程で、顧客間で協調を行うために用いたフェロモンに着目し、フェロモン分布を製造拠点が用いることで顧客ニーズを読み取り、顧客が求める部品の仕様を決定する手法を提案した。計算機実験を行い、交渉過程での顧客の意見の推移を記憶したフェロモン分布を用いる提案手法に対し、交渉の結果である立案された計画から顧客ニーズを読み取ることを目指した比較手法1及び、製造を考慮せず顧客ニーズへの対応のみを目指した比較手法2と比較することで、提案手法の有効性を示した。また、顧客が主張したものの採用されなかった意見がフェロモン分布に与える影響の大きさを変更し計算機実験を行い、顧客ニーズのみを考慮するのではなく、顧客ニーズへの対応と高い生産効率の両立を目指し部品パリエーションを決定することが有効であることを示した。

本研究ではマスカスタマイゼーションの実現を目指し、製造に関わる企業間での交渉・情報共有、発注した顧客間での交渉・協調、製造拠点による顧客ニーズの推定による生産スケジューリング手法を提案し、顧客と企業の両者にとって最適な製造及び製品の提供のために、顧客を製造に取り込み顧客と共に生産スケジューリングを行うことの有効性を示した。

氏名	杉之内 将大		
論文 題目	マスカスタマイゼーション実現のための主体間の交渉・協調による生産スケジューリング手法に関する研究		
審査 委員	区 分	職 名	氏 名
	主 査	教 授	貝原 俊也
	副 査	教 授	多田 幸生
	副 査	教 授	羅 志偉
	副 査	准教授	藤井 信忠
印			
要 旨			
<p>顧客ニーズの多様化に伴い大量生産された画一的な製品・サービスを提供するのではなく顧客一人一人のニーズに対応することが求められている。その方法として、多様な顧客ニーズへの対応と高効率・低コストでの製造の両立を目指すマスカスタマイゼーションに着目が集まっている。そこで本論文ではマスカスタマイゼーションの実現を目指し、顧客及び企業交渉・協調による生産スケジューリング手法を提案する。立場及び目的が異なる複数の主体間で交渉を行うことで、製造に関わる全ての主体の合意点となる計画を得ることを目指している。</p> <p>本論文では、製造に関わる主体間の交渉を模した手続きにより計画を立案するための手法として組合せオークションに着目し、組合せオークションを用いた主体間の交渉を模した近似解法を提案している。主体間の交渉の合意点をより効率的に得ることに着目し、Ant Colony Optimization で用いられるフェロモンを導入した組合せオークションを用いた主体間の交渉・協調による計画立案手法を提案している。本提案手法では、受発注計画や日程計画など生産に関わる計画を複数の入札者への財の配分を決定する問題としてモデル化・定式化し、入札者である製造に関わる各主体が自身の意見を入札として表現しオークションを繰り返すことで複数主体間の交渉の合意点を得ることを目指している。</p> <p>まず第1章では、マスカスタマイゼーションの現状と課題について整理を行い、従来の生産システムに関するサーベイや顧客を巻き込んだモノづくりの重要性について調査を行い、ここで対象とするサプライチェーンについてその概要を紹介している。引き続き第2章では、本論文で対象とする製造業の企業のモデル及び、提案する主体間の交渉を模した計画立案手法と、交渉の過程での主体間の協調手法について説明している。</p> <p>次に第3章では、サプライチェーンを構成する複数の企業間での交渉による受発注計画立案手法を提案し、交渉過程での企業の情報共有の有効性を検討している。その際、一般にある販社内での顧客の優先度のように、各企業が保持する情報の中には他の企業に公開・共有することが出来ない情報が含まれるため、企業間の交渉による受発注計画の立案前提としている。サプライチェーンの構成企業が顧客からの発注を0から1の無次元化・正規化された満足度という値を用いて評価し、満足度の最大化を目指し企業間の交渉を模した組合せオークションを用いて受発注計画を立案する手法を提案している。組合せオークションの入札者であるサプライチェーンの構成企業が今期に製造したい発注の組合せに入札を行い、入札する発注の組合せを変更しながらオークションを繰り返すことで合意点を得ることを目指した。企業が保持する情報を受発注計画の評価指標に関わる情報と、評価指標に直接関わらない情報の2種類に分類し、情報共有が受発注計画に与える影響について計算機実験の結果から考察した。その結果、提案手法で評価指標に関わる情報を共有することでより少ないオークションの繰り返し回数で交渉の合意点となる計画を得ることが可能となり、評価指標に直接関わらない指標を共有することでより良い目的関数値を持つ計画を得ることが可能となることがわかり、交渉の過程での主体間の情報共有が主体間の交渉を模した計画立案手法に対して有効であることがわかった。</p> <p>続いて第4章では、顧客間の交渉を模した組合せオークションを用いてある1期中の日程計画及び部品選定を同時に立案する手法を提案している。日程計画と部品選定を同時に考慮し立案することで、生産効率と各顧客のニーズへの対応の両立を目指している。特に、交渉過程での主体間の協調に</p>			

氏名	杉之内 将大		
<p>着目し、ACO で用いられるフェロモンを導入した組合せオークションを用いた顧客間の交渉・協調による日程計画及び部品選定の立案手法を提案している。顧客の納期は部品選定により決まる製品に対する満足度により決まるものとし、計画の評価指標は総納期遅れ最小化としている。オークションにかけられた財をあるタイムスロットにおける製造拠点保有する機械の使用権とし、入札者である顧客が部品選定を行い、タイムスロットに入札することで日程計画を立案している。日程計画及び部品選定オークションの繰り返し過程で、各入札者が入札した財にフェロモンを添加し入札者間でフェロモン分布を共有することで、他の入札者との協調を図った。入札作成の際に、フェロモン分布から他の入札者が求める財を推測し、それを参考に入札を作成することで効率的に合意点を得ることを目指している。フェロモンの特徴である拡散・蒸発に着目し計算機実験を行うことで、入札履歴の記憶及び入札者間での協調にフェロモンを用いることの有効性を検討している。計算機実験の結果から、財にフェロモンを添加しそのフェロモンが時間と共に蒸発すること及び、フェロモンが周囲の財に拡散することが有効であることを明らかにした。また、フェロモンを用いて顧客が主張したものの採用されなかった意見を記憶することの有効性について計算機実験を行い検討した。その結果、採用されなかった意見を記憶することは有効であるものの、その影響が大きくなることで得られる計画の目的関数値が悪化することを明らかにした。</p> <p>さらに第5章では、製造拠点が顧客ニーズを推定することで量産部品の仕様及び、量産部品のバリエーションを決定する手法を提案している。製品の仕様決定に製品に対する知識が豊富な顧客の意見を取り入れることは有効であるとされており、マスカスタマイゼーションの実現を目指し、顧客の意見を取り込むことで仕様を決定することを目指した先行研究は行われてきたが、実際に製造を行うことについては十分に考慮されていなかった。そこで日程計画及び部品選定の立案の過程で、顧客間で協調を行うために用いたフェロモンに着目し、フェロモン分布を製造拠点が用いることで顧客ニーズを読み取り、顧客が求める部品の仕様を決定する手法を提案している。計算機実験を行い、交渉過程での顧客の意見の推移を記憶したフェロモン分布を用いる提案手法に対し、交渉の結果である立案された計画から顧客ニーズを読み取ることを目指した比較手法1及び、製造を考慮せず顧客ニーズへの対応のみを目指した比較手法2と比較することで、提案手法の有効性を示している。また、顧客が主張したものの採用されなかった意見がフェロモン分布に与える影響の大きさを変更し計算機実験を行い、顧客ニーズのみを考慮するのではなく、顧客ニーズへの対応と高い生産効率の両立を目指し部品バリエーションを決定することが有効であることを明らかにしている。</p> <p>最後に第6章では、本研究のまとめと今後の展望について述べられている。</p> <p>以上のように本研究は、マスカスタマイゼーションの実現を目指し、製造に関わる企業間での交渉・情報共有、発注した顧客間での交渉・協調、製造拠点による顧客ニーズの推定による生産スケジューリング手法を提案し、顧客と企業の両者にとって最適な製造及び製品の提供のために、顧客を製造に取り込み顧客と共に生産スケジューリングを行うことの有効性を示しており、今後の新たなものづくりについて重要な知見を得たものとして価値ある集積である。提出された論文はシステム情報学研究科学位論文評価基準を満たしており、学位申請者の杉之内将大は、博士(工学)の学位を得る資格があると認める。</p>			