組合せダブルオークションによる

クラウドソースドマニュファクチャリングの実現\*

◯原田　佳明\*\* 貝原俊哉\*\*\*国領大介†藤井信忠††

1. はじめに

近年IoT（Internet of Things）の発展に伴い，工場や製造機器をインターネット上に繋ぐことにより生産性を向上させること動きが活発化している．また，企業や工場内だけでなく，企業の壁を超えたつながりを利用した生産に注目が集まっており [1]，その中でIoT環境下において複数の工場や複数の企業をつなぎ設備・材料・労働力・工法を融通し合う生産形態であるクラウドソースドマニュファクチャリングと呼ばれる生産形態が提案された [2]．クラウドソースドマニュファクチャリングを形成することで，リソースが不足した処理や，自社にはないリソースを使用する処理をつながる他企業に委託することで，顧客ニーズに合わせたカスタム生産を低コストで実現可能となる [3]．クラウドソースドマニュファクチャリングにおいて必要とされているのが独立した企業群においても合理的なリソース配分の仕組みである [4]．

そこで本研究ではリソースの提供企業と要求企業の両方の評価値を考慮し，リソースの配分と取引価格を決定することができる組合せダブルオークションに着目する．また，独立した企業の集まりであるクラウドソースドマニュファクチャリングにおいて，リソースの配分と取引価格は参加企業が申告する評価値に基づくので，その評価値を正直に申告して貰う必要がある．その為個々の参加者にとって，正直な評価値の申告が各企業の支配戦略となるオークションの設計が重要とされており，そのようなオークションを耐戦略性のあるオークションと言う．本研究においても各参加企業の正直な評価値をオークション主催者が知るために，耐戦略性のある組合せダブルオークションの提案を目指す．

1. 対象モデル

本稿の対象とするクラウドソースドマニュファクチャリングモデルの概要をFig.1 に示す．リソースを要求する企業をリソース要求側，リソースを提供する企業をリソース提供側とする．以下にその特徴を示す．



* 対象とする製品は，工程毎に分割可能とする
* 各企業のリソースの管理と配分を決めるオークション主催者が存在する．
* 顧客からのオーダは各企業に対して行われる.
* 各企業は出来ない処理がある場合に，必要なリソースとその量をオークション主催者に対し要求する.
* リソース要求企業はリソースが提供されれば，製品の生産を行う.
* 各企業は空いているリソースがあればオークション主催者に提示し，リソースを提供する.

1. 提案手法

リソースの要求に対して，提供リソースを割当てるため組合せダブルオークションに基づく提案手法について説明する．以下の[Ts]はタイムスロットを示す．

1. 全体の流れ
2. リソース提供企業とリソース要求企業は入札を作成し，オークション主催者に提出する.（入札作成）
3. オークション主催者は，評価値の合計が最大となる入札を決定する.（勝者決定）
4. 各企業はオークションの結果に応じ，定められた取引価格において取引を行う.（取引価格決定）
5. 入札作成

　リソース提供企業の入札について以下で説明する．

* 提供するリソース のコスト と提供時間からなる個の入札を作成
* 提供時間の一部のみを提供することが可能である

リソース要求側の入札について説明する．

* 入札において予算と要求するリソースの要求時間 を提示する
* 各企業はN 個の入札を作成
  + ただし勝者となる入札は1つ
* 必要なリソースの組合せに対して入札を作成する．これは全てのリソースが揃わないと製品の生産ができないからである

1. 勝者決定と取引価格決定

前節の入札を元に勝者の決定，つまり割り当ての決定と取引価格を決定する．その際に評価値を正直に申告することが支配戦略となる勝者決定方法と取引価格決定方法にする必要がある．

1. 勝者決定問題の定式化

組合せダブルオークションの勝者決定問題は，組合せ最適化問題として定式化される．式(1)〜(5)にその定式化を示す．

max

()

s.t. ()

()

()

()

()

()

式(1) は目的関数であり，総利益最大化とする．ダブルオークションは，提供側，要求側双方の評価値を元に配分を決定することができるので，リソースの提供企業，要求企業の双方の利益を考慮できる．式(2)は提供企業­のリソースの容量制約である．式(3)は要求側の組合せに関する制約である．リソース要求企業のある入札に関して，その入札が選ばれる場合はその全てのリソース要求が満たされる，またはその入札が選ばれない場合はどのリソース要求も満たされないとするための制約である．式(4)と式(5)は要求企業の入札のうち勝者となる入札は高々１つとする制約である．式(6)は企業の予算制約である．式(7)のは企業と企業が要求においてリソースを取引するとき，しないときとなる決定変数，は企業の要求が選ばれるとき，選ばれないときとなる決定変数である．

1. 組合せダブルオークションの耐戦略性

前節の勝者決定問題は汎用ソルバーを用いて最適解を求めることができる．しかし，ダブルオークションに環境下において，パレート効率性，オークション主催者を含めた個人合理性を満たすオークションメカニズムは存在しないことが示されている [5]．例えば，耐戦略性，個人合理性，パレート最適性を満たすことで知られるVCG（Vickrey-Clarke-Groves） [6]メカニズムはダブルオークション環境下においてオークション主催者の個人合理性を満たすことができない．つまり買い手側が支払う価格の合計より，売手側が受け取る額の合計が大きくなりオークション主催者が負債を抱えてしまう．

よって本研究において前節の勝者決定問題の最適解を求めることが出来たとしても，耐戦略性を満たす価格決定を行うと全体合理性が成り立たなくなってしまう．そこで本研究では，パレート効率性を諦めることで，耐戦略性を満たすことができるPadding Methodを用いた手法を提案する [7]．

1. Padding Method

Padding Methodは仮想的な買い手を用意することで，均衡価格を引き上げ，買い手の支払い額の合計を高めることで，全体合理性を満たすように調整を行う手法である．以下にその概要を示す．

1. 元の勝者決定問題に対して，仮想的な買い手を考慮した問題を作成し，最適解を求める
2. その割り当てと目的関数値を元に買い手の支払い価格を求める
3. STEP1において勝者となったと買い手の入札と元々の売手の入札から勝者決定問題を作成し，最適解を求める
4. その割り当てと目的関数値を元に，勝者となった売手の受け取り価格を求める

本研究においてPadding Methodの適用を行い，耐戦略性を満たす手法の提案を行う．アルゴリズム詳細と実験結果の発表は講演にて行う．

参考文献

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | IVI, “つながる!ものづくり,” 9 12 2017. [オンライン]. Available: https://www.iv-i.org/faq.html. |
| [2] | IEC, “Factory of the future,” 2 10 2017. [オンライン]. Available: http://www.iec.ch/whitepaper/pdf/iecWP-futurefactory-LR-en.pdf. |
| [3] | 義輝. 勝村, “管理付エージェント型シミュレーションを用いたクラウドマニュファクチャリングの生産性評価方法,” 日本機械学会論文集vol.83,No.848, 2017. |
| [4] | D. Wu, “Cloud manufacturing: Strategic vision and state-of-the-art,” Journal of Manufacturing Systems 32 , 2013. |
| [5] | S. Ohseto, “Strategy-proof and efficient allocation of an indivisible good on finitely restricted preference domains,” International Journal of Game Theory 29, 2000. |
| [6] | W. Vickrey, “COUNTERSPECULATION, AUCTIONS, AND COMPETITIVE SEALED TENDERS 16,” The Jounal of FINANCE, 1961. |
| [7] | L. Y. Chu, “Truthful Bundle/Multiunit Double Auctions 55(7),” Management Science, 2009. |