|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 生産システム部門研究発表講演会2020講演論文集[’20.3.26,27,東京]  Copyright © 2020 一般社団法人　日本機械学会 | |
| クラウドソースドマニュファクチャリングへの組合せダブルオークションに  基づくリソース配分手法の一提案  A Proposal on Resource Allocation Method based on Combinatorial Double Auction for Crowdsourced Manufacturing | | |
| 原田佳明・神戸大学  Yoshiak Harada, Kobe University | | 貝原俊也・神戸大学  Toshiya Kaihara, Kobe University |
| 國領 大介・神戸大学  Daisuke Kokuryo, Kobe University | | 藤井 信忠・神戸大学  Nobutada Fujii, Kobe University |

論文要旨

IoT技術の発展により，個々の企業が持つリソース情報を共有しその相互活用を行う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注目されている．我々はこの生産形態の実現において鍵となる独立した企業間の合理的なリソース配分方法として，分散環境下において財の配分と取引価格が決定可能なオークションに着目してきた．そして本稿では，買い手・売り手の双方が入札を行う組合せダブルオークションに基づいた新たなリソース配分手法を提案し，本生産形態における提案手法の耐戦略性とパレート効率性について考察する．

Key Words: <Key Words>

# はじめに

従来のモノづくり企業は垂直型経営が主流であった．しかしそれでは近年の製品ライフサイクルの短縮化や需要変動に対応できないという課題点が浮かび上がってきた．その課題を解決する為に日本においてはシェアリング・エコノミーの考え方に基づいたモノづくりの分散化，製造リソースの共有に関する議論が盛んに行われている．そのような中で，共生型モノづくりのコンセプトであるクラウドソースドマニュファクチャリングが提案され，注目を集めている．クラウドソースドマニュファクチャリングとは個々の企業が持つリソース情報を共有しその相互活用を行う生産形態である．この生産携帯の実現には独立した企業が参加する状況下においても成り立つ企業間のリソース配分の仕組みが必要であるとされている．

# 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を以下のように定義する．

1. 顧客からのオーダは各企業に対して発生する．
2. 各企業は出来ない処理がある場合にリソースを要求する．
3. 各企業は空いているリソースがあればリソースを提供する．
4. リソース要求に対して，提供リソースを割り当てる．
5. リソース要求企業はリソースが調達できれば，製品の生産を行う．
6. 対象とする製品は，工程毎に分割可能とする．

# 提案手法

* 1. 入札作成
  2. 手法I:パレート効率性を満たす手法
     1. 概要

1. 入札を作成する．
2. オークション主催者は，入札を元に勝者決定問題を解くことでリソース配分を決定する．
3. オークション主催者は，リソースの取引価格を決定する
   * 1. 勝者決定

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1) |
| (2) |
| (3) |
| (4) |
| (5) |
| (6) |

決定変数はとである．は企業と企業がリソースを取引する量を表す整数変数であり，は企業の入札が選ばれるとき1，選ばれない時0となる変数である．式(1)は目的関数であり，総利益最大化を表す．式(2)は提供企業のリソースの容量制約を表す．式(3)は組合せ入札に関する制約であり，要求企業の入札が選ばれないときは，どのリソース要求も満たさないための制約，要求企業の入札が選ばれるときは，その入札のリソース要求を全て満たすための制約である．式(4)は勝者となる要求企業の入札は高々1つとする制約である．この組合せ最適化問題を解くことで勝者となる要求企業の入札と，それに対する提供リソースの配分を決定する．また，問題​の最適解は総利益が最大化されているので，パレート効率な状態となっている．

* + 1. 取引価格決定

前節のリソース配分を元に取引価格を決定する．手法Iの取引価格はSamimiらの文献を参考にした\cite{Samimi2016}．この取引価格はお互いの評価値の平均の価格から決定され，．以下の式で表される．

|  |  |
| --- | --- |
|  | (7) |
| (8) |

は要求企業が入札におけるリソース要求時間の合計である．よってのはリソースの1[Ts]分の予算を表す．従って式(8)はお互いの評価値の平均で取引を行っていることとなる．

* 1. 手法II:耐戦略性を満たす手法
     1. 概要

1. 入札作成
2. 提供側と要求側の入札を元にした勝者決定問題に対し，仮想的な買い手を考慮した問題を定義する．
3. の最適解を求め，勝者となる入札を決める
4. において勝者となった要求企業に対して支払いを決定する．
5. において勝者となった要求企業の集合をとし，また敗者となった入札の決定変数を0とした問題を定義する．
6. の最適解を求め，提供リソースの取引量を決める．
7. において勝者となったリソース提供企業に対して収入を決定する．
   * 1. 問題の定式化

仮想的な買い手Qの定義

提供企業仮想的な買い手はで表現される．はが要求するリソースを要求する時間である．文献に従い以下のように定める．

|  |  |
| --- | --- |
|  | (9) |
| (10) |
| (11) |

式(9)は1提供企業が提供するリソース$r$の最大提供時間を表す．式(10)は1要求企業が要求するリソースの最大要求時間を表す．よって式(11)はリソースの1企業が提供または要求する最大の時間を表す．仮想的な買い手はこのように定まり，予算が0であるが満たさなければならない1要求企業として扱う．そうすることで均衡価格を引き上げることができる．

問題の定式化

前述の仮想的な買い手を考慮した問題を定義する．以下にその定式化を示す．

|  |  |
| --- | --- |
|  | (12) |
| (13) |
| (14) |
| (15) |

問題と問題の異なる部分について説明をする．

まずどの提供企業がに対してリソースを提供するかの決定変数を用意する．そしての要求を満たすための制約式(12)が追加される．それによって問題の提供企業の容量制約が式(2)から式(13)になる．そしてを満たした分のコストが目的関数に考慮されることで，問題の式(1)が式(12)になる．

この問題を解くことで，まず勝者となる要求企業の入札を決定する．

支払いの決定

S T E P4の支払い価格の決定について説明する．仮想的な買い手を考慮した状態で， VCGオークションと同様の方法で価格を決定する．勝者となった提供企業の入札の支払いは以下の式で決定される．

|  |  |
| --- | --- |
|  | (16) |

は目的関数値から勝者となった要求企業の入札の予算を除いた値となっている．さらに，は要求企業を除いた問題の目的関数値となっている．よって式(16)は，VCGオークションと同様に，この値は要求企業の予算に依存しておらず，問題において勝者となる為の最小の価格となっている．したがって提供企業側の耐戦略性を満たす．またによって支払いが引き上がるのは，が予算0であるが満たさなければならないので，コストの安いリソースがに消費されてしまい，残りの要求企業は価格の高いリソースが割当てられてしまうからと捉えることができる．

問題問題の定式化

勝者となった要求企業の集合を定義し，また敗者となった入札の決定変数を0とした新たな問題を定義する．

|  |  |
| --- | --- |
|  | (17) |
| (18) |

問題は問題のをで置き換え，制約式(18)を追加したものとなっている．問題の最適解を求めることで，提供企業の勝者，つまり各提供企業が提供するリソースの時間を決定する．よって問題問題で敗者となった入札は，問題で選ばれることはないので，仮想的な買い手の分のリソースは取引は行われないが，利用されることもなくなってしまう．また提供企業数が増加すると，この仮想的な買い手によって利用されないリソースの割合が全体の提供リソースに対して減少するので，小さくなると考えられる．

報酬の決定

問題の解を元に，売り手がリソースを[Ts]提供することで得られる報酬を式(19)で決定する．

|  |  |
| --- | --- |
|  | (19) |

式(19)の1行目はVCGオークションと同様の価格決定方法で，問題において勝者となれる最大の価格（予算とコストの積）となっている．2行目のは問題において売手がリソースを提供する為の最大のコストである．そして式(19)の2行目は，問題で勝者となる最大の価格から問題で勝者となる最大の価格の超えた分を表す．よって式(19)は問題と問題の両方で勝者となれる最大の価格を表す．二ページ目