

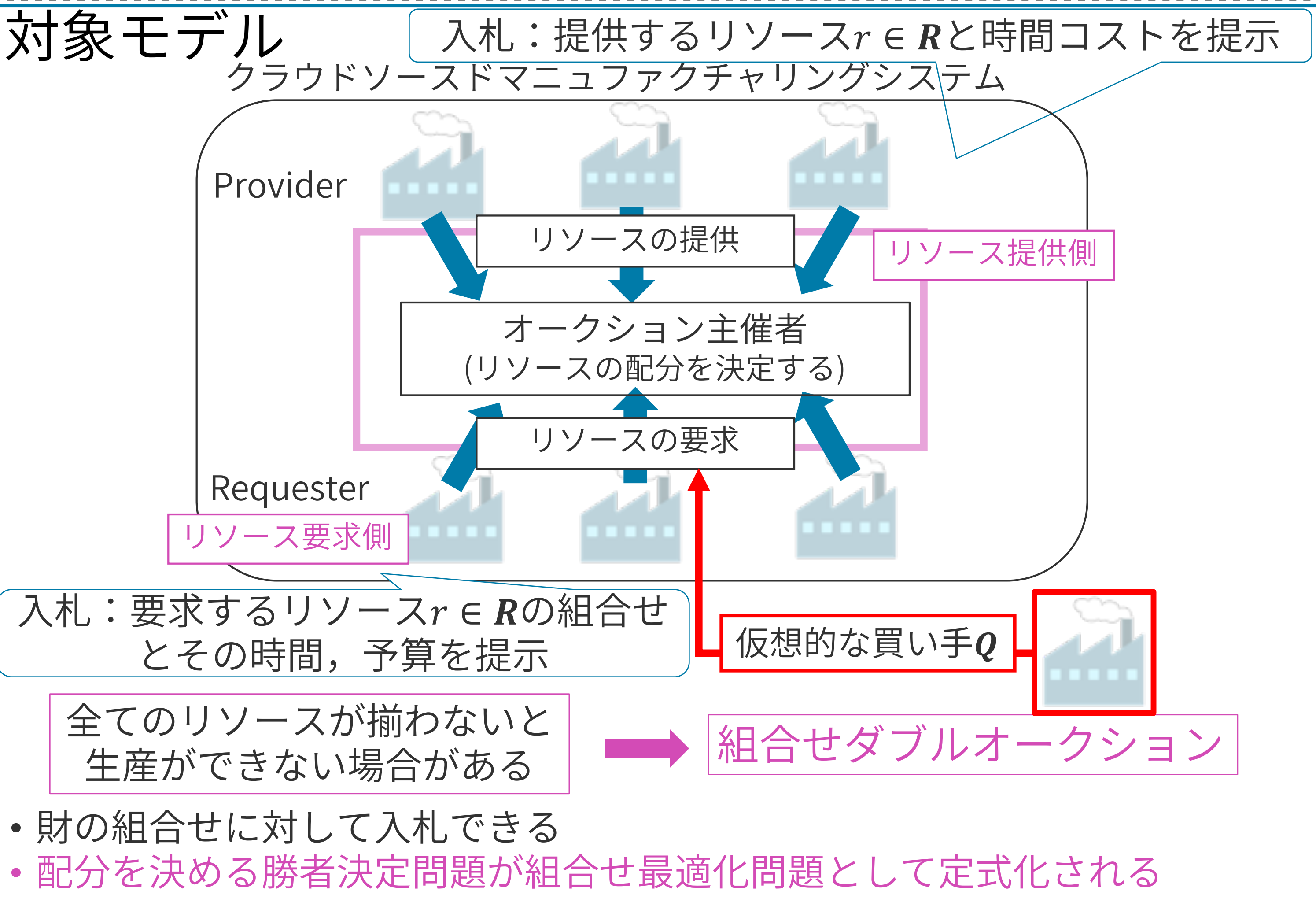
P63 (F09)

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 俊也 国領 大介 藤井 信忠 （神戸大学）

研究背景

近年IoT（Internet of Things）[1]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、同一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[2]，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 [3]。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により、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げ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。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が重要となる[4]。そこで本研究ではリソースの提供企業のコストと要求企業の予算を基にした評価値を考慮し、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なっており、こ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。



耐戦略性について[5]

- 耐戦略性とは正直に評価値(コスト・予算)を入札することが支配戦略となる性質
- 片方向オークション環境で耐戦略性を満たすVCG(Vickrey –Clarke-Groves)オークション[6]はダブルオークション環境下ではオークション主催者の個人合理性を満たせない

• 買い手の支払い額の合計<売手の収入の合計

→ オークション主催者が負債を抱える

VCGオークションを元に仮想的な買い手 Q を用意し、買い手の支払い額を引き上げ、オークション主催者の個人合理性を満たすPadding Method[7]を本研究に適用する

- 仮想的な買い手の分のリソースが無駄となりパレート効率性は犠牲にされる
- VCGオークション同様に耐戦略性を満たすことができる

Padding Methodを導入し、耐戦略性を考慮したリソース配分方法の提案を行う

提案アルゴリズム

リソース要求企業 $j \in J$ の支払い決定

- I. 提供側と要求側の入札を元にした勝者決定問題 $P(I, J)$ を定義し、それに対し仮想的な買い手 Q を考慮した問題 $P(I, J, Q)$ を定義する
- II. $P(I, J, Q)$ の最適解を求め、**勝者となる入札を決める**
- III. $P(I, J, Q)$ において勝者となった要求企業に対して**支払い pay_j を決定する**

リソース提供企業 $i \in I$ の収入決定

- IV. $P(I, J, Q)$ において勝者となった要求企業の集合を \tilde{J} とする。 $P(I, J)$ において J を \tilde{J} とし、また敗者となった入札の決定変数を0とした問題 $P(I, \tilde{J})$ を定義する
- V. $P(I, \tilde{J})$ の最適解を求め、**提供リソースの取引量を決める**
- VI. $P(I, \tilde{J})$ において勝者となったリソース提供企業に対して**収入 $revenue_{j,r}$ を決定する**

※今回支払い額と収入の差をオークション主催者の利益とする

$P(I, J)$

- 目的関数:総利益最大化
- 決定変数 : 要求側の勝者となる入札を決める0,1変数
: 提供側のリソース提供時間を決める整数変数

$Q = \{Q_1, Q_2, Q_r \dots Q_{|R|}\}$

- Q_r はある1企業が提供または要求するリソース r の最大の時間により定まる
- Q を満たすことは**制約**にする

リソース要求企業 j の支払い

- **pay_j : $P(I, J, Q)$ において勝者となれる最小の価格**

勝者となった j の入札 $b_{j,n}$ の予算

$V(I, J \setminus \{j\}, Q)$ j がない場合の問題の最適な割り当てに対する目的関数値

pay_j

$v_{j,n}$ $V(I, J, Q) - v_{j,n}$ $P(I, J, Q)$ の j 以外の評価値の総和

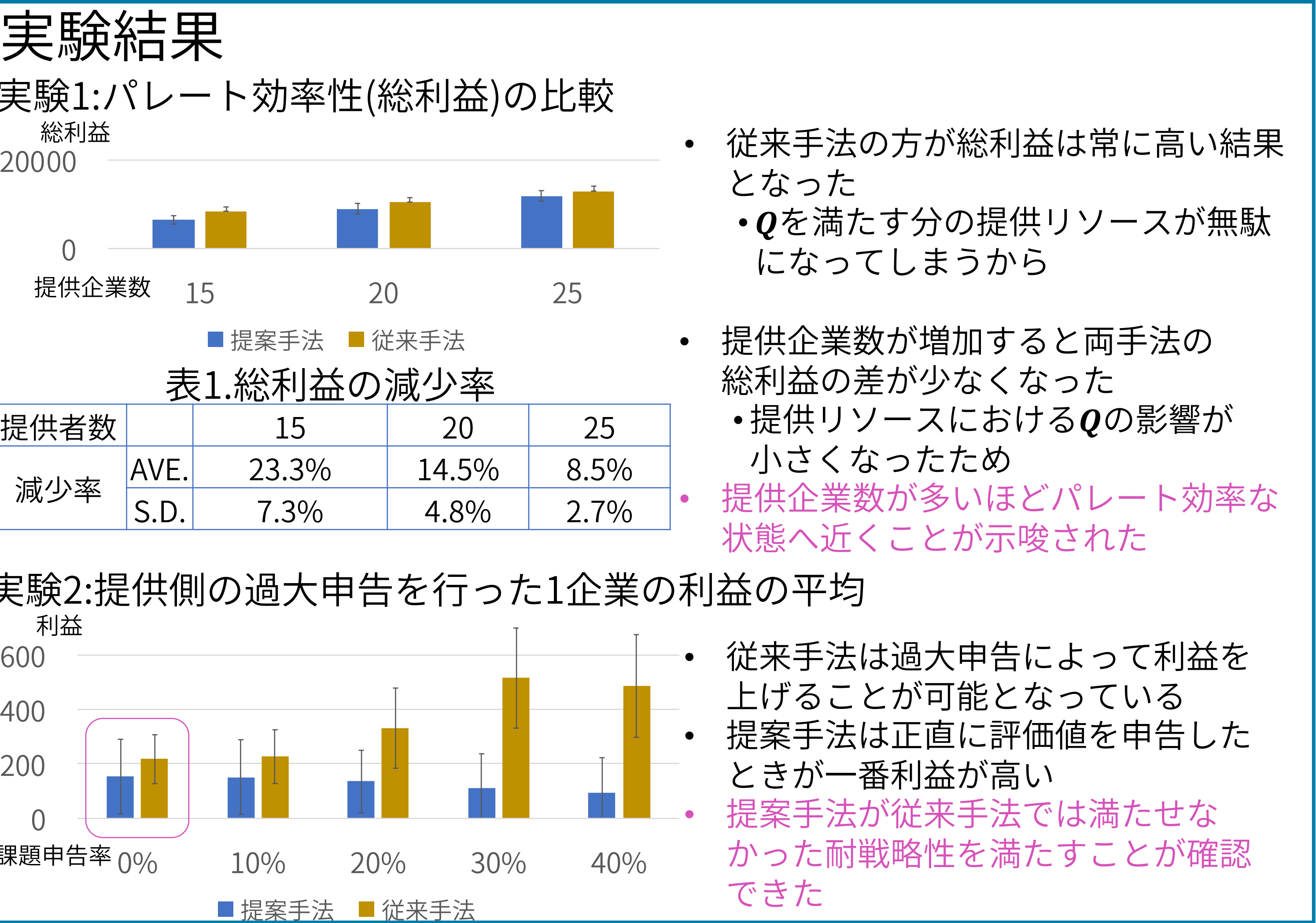
リソース提供企業 i のリソース r を提供することによる報酬

- **$revenue_{j,r}$: $P(I, \tilde{J})$ と $P(I, J, Q)$ において勝者となれる最大の価格**

耐戦略性のあるオークションは、そのオークションで勝者となれるギリギリの価格で取引が行われる

計算機実験（概要）

- 従来手法[8]とPadding Methodを導入した提案手法を比較する
- 従来手法
 - リソース配分: $P(I, J)$ の最適解を求め要求側の入札の勝者、提供側の取引量を決める (総利益が最大化されたパレート効率な状態)
 - 取引価格: 要求側の予算と提供側のコストの平均の価格で取引を行う
 - オークション主催者の利益は0としている
- 実験1:パレート効率性(総利益)の比較
- 総利益:リソース提供企業・要求企業、オークション主催者の利益の合計
- 提供企業数を $|J|=15, 20, 25$ と変化させ Q のパレート効率性に対する影響を見る
- 実験2:提供側の耐戦略性に関する比較
- リソース提供企業が過大申告をした際に、従来手法では満たせない耐戦略性を提案手法が満たすことを確認する
- 課題申告率は0%, 10%, 20%, 30%, 40%と変化させる
- 実験条件
- 勝者決定問題はCPLEXを用いて求解
- リソースの種類 $|R| = 6$
- 提供企業数 $|J| = 15, 20, 25$
- 各提供企業は2種類のリソースを提供
- 要求企業数 $|I| = 20$
- 要求企業は6種類のリソースをそれぞれを一樣乱数に従った時間分要求する
- 各要求企業は3個の入札を作成する



まとめ

耐戦略性を満たす組合せダブルオークションに基づく手法の提案を行った。実験結果より、本手法は提供企業数が多い際に有効であること考える。今後の方針:提案手法、従来手法においてオークション主催者の利益をどのように得るかを検討する。

参考文献

[1] K. Ashton, "That Internet of Things' Thing," RFID Journal, 22., 2009.[2]IVI, つながる!もの'づくり, <https://www.iv-i.org/faq.html> [Accessed 9 12 2017][3] IEC, "Factory of the future," [Online]. Available : <http://www.iec.ch/whitepaper/pdf/iecWP-futurefactory-LR-en.pdf> [Accessed 2 10 2017] 4] Dazhong Wu. Journal of Manufacturing Systems 32 , 2013[5]横尾真. オークション理論の基礎. 東京電気大学出版, 2006 [6]W. Vickrey, "The Journal of FINANCE, 1961.[7] Leon Yang Chu, Management Science 55(7):1184-1198, 2009[8]原田佳明, システム制御情報学会研究発表講演会講演論文集 63, 912-916, 2019-05-22