

データ流通市場における取引情報の開示が価格に及ぼす影響 The Effect of Transaction Information Disclosure on Prices in Data Markets

春木 佑香[†]
Yuka Haruki

早矢仕 晃章[†]
Teruaki Hayashi

1. はじめに

近年、データを異なる事業者間で取引するデータ流通市場が登場してきており、異業種間でのデータ取引による新たな価値創造が期待されている[1][2]。しかし、データは複製が容易であり、また、複製・流通するほど希少性が下がることで価値が減少する可能性がある等、他商材とは異なるデータ特有の性質がある。そのため、他の購入希望者の取引情報の開示がデータの取引価格や交渉の成否を決定する重要なファクタとなる可能性がある。

本研究では、図 1 のように、競合するプレイヤー B と C (データ購入者) が、プレイヤー A (データ提供者) が提示する利得表の下でデータ購入を検討している状況における取引情報の開示がデータの価格と交渉の成否に及ぼす影響について、ゲーム理論と被験者実験の両面から議論する。

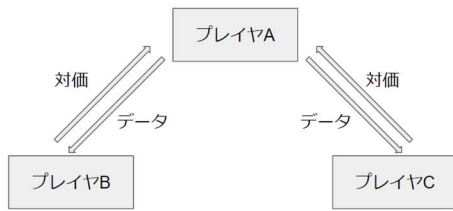


図 1 想定するデータ取引状況

2. 特性関数形ゲーム理論

特性関数形ゲーム理論[3][4]とは協力ゲーム理論の一種であり、本研究対象のような利得分配問題に適している。特性関数形ゲーム理論の求解法は大きく分けて 3 種類あるが、今回は解を一意に定めることができる仁を用いた。

仁 $x = (x_A, x_B, x_C)$ とは、各提携における不満のうち、最大の不満 (e) を最小にするような利益分配のことである。各提携によって得られる利得から分配された利得を差し引いたもの (不満 e) が最小になるような分配を線形計画法により求めることによって、表 1 のような利得表から以下に示す手順を経て、データの理論価格が求められる。

(1) 各提携における不満を求める。

任意の配分 $x = (x_A, x_B, x_C)$ に対して、各提携の配分 x に対する不満は以下の通り与えられる。

$$\begin{aligned} e(\{A, B\}) &= \gamma - (x_A + x_B) \\ e(\{B, C\}) &= (\eta + \theta) - (x_B + x_C) \\ e(\{C, A\}) &= \zeta - (x_C + x_A) \\ e(\{A\}) &= -x_A \\ e(\{B\}) &= \varepsilon - x_B \\ e(\{C\}) &= \delta - x_C \end{aligned}$$

(2) 全体合理性の条件による不満の書き換える。

配分 x が仁となるとき、全体合理性の条件が必ず成立する。

$$x_A + x_B + x_C = \alpha + \beta$$

これを用いて(1)における 2 人提携の不満を書き換えると以下ようになる。

$$\begin{aligned} e(\{A, B\}) &= \gamma - \alpha - \beta + x_C \\ e(\{B, C\}) &= \eta + \theta - \alpha - \beta + x_A \\ e(\{C, A\}) &= \zeta - \alpha - \beta + x_B \end{aligned}$$

(3) 線形計画問題を解く。

上記の 6 つの提携の不満が、ある値 M 以下であるとして、配分 x と M を変数として M を最小にするような線形計画問題を考え、 M が最小となるときの x を求める。

表 1 利得表の例

		プレイヤー C	
		購入する	購入せず
プレイヤー B	購入する	(α, β)	(γ, δ)
	購入せず	(ε, ζ)	(η, θ)

3. 被験者実験の概要

本研究では図 1 に示したような状況における 3 者間でのデータ取引について、被験者実験を実施した。

3.1 実験手順

10名の被験者を 2 名一組み (B と C を担当) で 5 つのグループに分け、条件①、②によるデータ売買をそれぞれ 10 回ずつ、計 20 回実施した。なお、A は実験者である筆者が担当した。1 つのデータを取引する流れは、以下に示す(1)~(5)の通りである。被験者は最初に、条件①の下で 10 回のデータ取引を行い、その後、条件②の下で 10 回のデータ取引を行った。

(1) B と C に利得表を 15 秒間提示する。

(2) B と C は購入希望価格を A に提示する。

(3) A は以下の条件に従い、B と C に対して交渉を行う。

交渉成立の場合、提示価格で購入となる。

条件①：自分の交渉結果のみを提示

条件②：自分と他者の交渉結果を提示

※以上、1 回目の交渉

交渉不成立時は(4)に進む。

(4) (1)の利得表を 10 秒間提示する。交渉未成立のプレイヤーはデータ購入希望価格を A に対して再提示し、A は交渉の成否をプレイヤーに伝える。

※以上、2 回目の交渉

3.2 プレイヤ A の意思決定

プレイヤー A は計 2 回の交渉において、以下の決まりに基づいて意思決定を行った。

[†] 東京大学工学部システム創成学科 Department of Systems Innovation, Engineering, The University of Tokyo

3.2.1.1 回目の交渉

- (1) (提示価格) \geq (理論価格 $\times 1.2$) だった場合, 提示価格で交渉成立
- (2) (理論価格) $<$ (提示価格) $<$ (理論価格 $\times 1.2$) だった場合, (提示価格 $\times 1.05$) と (理論価格 $\times 1.2$) のうち高くない方の価格を提示して再交渉
- (3) (提示価格) \leq (理論価格) だった場合, 理論価格を提示して再交渉

3.2.2.2 回目の交渉

- (1) (理論価格 $\times 0.8$) \leq (提示価格) だった場合, 提示価格で交渉成立
- (2) (理論価格 $\times 0.8$) $>$ (提示価格) だった場合, 交渉不成立, データは取引されない

4. 使用したデータの詳細

4.1 データの作成と割当

本研究では, 異なる利得表を持つ 20 個のデータ (データ 1 ~ 20) を作成した. 5 つの被験者グループのうち, 3 グループは条件①でデータ 1~10, 条件②でデータ 11~20 を取引し, 残りの 2 グループは条件①でデータ 11~20, 条件②でデータ 1~10 を取引した. これは, データの利得表の種類による影響を小さくすることを目的としている.

4.2 利得表の作成

被験者実験では表 1 のようなデータの利得表を提示した. データの利得表の作成においては, 以下に示す 5 つの条件式を満たすように各数値をランダムで設定した.

$$\gamma > \alpha > \eta > \varepsilon \quad (1)$$

$$\zeta > \beta > \theta > \delta \quad (2)$$

$$\gamma > \delta \quad (3)$$

$$\zeta > \varepsilon \quad (4)$$

$$2(\alpha + \beta) > \gamma + \delta + \varepsilon + \zeta \quad (5)$$

式(1)は, プレイヤ B 個人の各状況における利得は, B だけ購入, B も C も購入, B も C も購入せず, C だけ購入, の順に小さくなっていくことを示している. 式(2)はプレイヤ C について同様のことを示している.

式(3)と(4)は, どちらか一方のプレイヤーのみがデータを購入する場合, 購入するプレイヤーの利得の方が購入しないプレイヤーの利得よりも大きくなることを示している.

式(5)は, 全体の利得は, 両方のプレイヤーが購入したときに最大になるという優加法性を示している.

また, 特性関数形ゲーム理論においては, プレイヤ間で対称な利得表を想定することが多いが, 本研究では実際のデータ取引の状況に合わせて, 非対称な設定を行った.

5. 結果と考察

以下, 理論価格を p_x , 成立価格を q_x とする (x はプレイヤー名). 条件①, ②で各 100 回行った交渉のうち成立したものの価格率 ($\rho = q_x/p_x$) の分布は図 2 のようになった. 取引情報の開示の有無が交渉成立価格に影響を及ぼしているかを確認するため, ρ に対してマンホイットニーの U 検定を行ったところ, 有意差が見られなかった. よって取引情報の開示は価格率分布には違いとして表れないことが分かった.

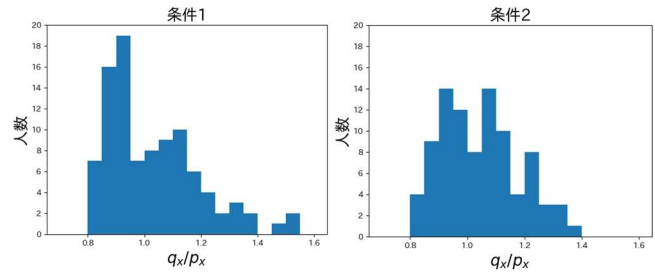


図 2 価格率 ρ の分布

一方, $|p_B - p_C|/(p_B + p_C)$ と ρ の相関係数は条件①で 0.147, ②で 0.559 となった (図 3). つまり, 2 者間での理論価格の差が大きいとき, 取引情報の開示を行うと, 成立価格と理論価格の乖離が大きくなる可能性が示唆された. また, 各 100 回実施した交渉の内, 交渉が成立しなかったのは, 条件①で 4 回, ②で 9 回であった.

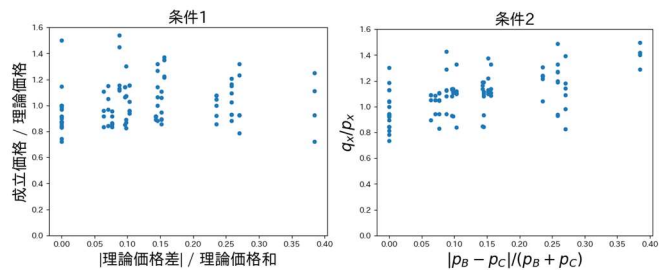


図 3 理論価格の差と成立価格の関係

6. まとめと今後の展望

データ流通市場の発展には, データの公平な価格決定が不可欠である. そのためにはデータの取引情報を開示することが望ましいと考えられる. 本実験ではデータ取引情報の開示による価格や流通量への影響をゲーム理論と被験者実験により検証した. 実験の結果, プレイヤ間での理論価格の差が大きいデータ取引は, 取引情報の開示によってデータの価値が理論値より低く見積もられる傾向があった. これが交渉の不成立回数増大に影響している可能性がある. この結果を踏まえると, 購入者による理論価格の差が大きいデータについてはプレイヤー間の価格差が小さく設定した価格を提示するなど, 各データの特性を考慮した価格設定を行うことによってプレイヤー間の価格差による不公平感を減少させ, 取引の成立回数を向上させる可能性がある.

謝辞

本研究の一部は科研費 JP20H02384 の成果です.

参考文献

- [1] 清水たくみら, “データ流通エコシステムにおけるプラットフォームを媒介とした価値創造,” 情報通信政策研究, 4(1), 103-123 (2020).
- [2] 早矢仕晃章ら, “データ流通エコシステムのデザインと実践的課題,” 人工知能学会誌, 36(5), 605-608 (2021).
- [3] 岸本信, “協力ゲーム理論入門,” 経営の科学, 60(6), 343-350 (2015).
- [4] 渡辺隆裕, “一歩ずつ学ぶゲーム理論,” 裳華房 (2021).
- [5] 川越敏司, “行動ゲーム理論入門,” NTT 出版 (2010).
- [6] 渡邊直樹, “両面性市場で取引されるデータの価格付け,” 人工知能学会誌, 37(5), 566-574 (2022).