

# 「商取引ゲーム」における不正防止の不可能性の証明

Nozomu Miyamoto<sup>†</sup> t16840nm@sfc.keio.ac.jp

February 4, 2019

## Abstract

インターネットと電子送金の普及により商取引はよりグローバルに行われるようになった。そんな中、商取引における不正行為は、エスクローと呼ばれる仲介者が信頼できるという前提のもとで防止されている。ただ、この前提は、第3者に依存せずに動作の正当性が保証されており、商取引の当事者の行動を観察できなくとも不正行為防止のためのインセンティブ設計を行えるシステムが存在するという仮定の上で成り立っている。そこで本研究では、そのようなシステムが存在しえるのかを論じるために、先の条件を満たす「商取引システム」とそれを仲介として行う「商取引ゲーム」を定義し、不正行為防止のインセンティブ設計が可能であることを確認する。その結果として、「商取引ゲーム」において、不正行為防止のインセンティブ設計が不可能であることを証明した。これは本稿で定義される理論上の商取引に基づく限り、商取引において不正行為が行われない合理的な根拠は無いことを意味している。

## 1 はじめに

インターネットと電子送金の普及によって、国境を超えたグローバルな商取引が瞬時に行えるようになり、我々は日々の生活の中でそれを当然のように受け入れている。また、同時に我々は、国内での電子商取引がそうであったように、このグローバルな商取引でもエスクローサービスと呼ばれる、代金を一時的に預かり商品到着を確認後に支払いを行うサービスを用いることで、詐欺などの不正行為を防止できると信じている。しかしながら、実際のところ、これはエスクローサービスのような商取引の仲介者と別の商取引を結んでいるに過ぎず、仲介者が信頼できるという前提のもとで成り立っている。

仲介者が信頼できるという前提は、次節で述べる、「第3者に依存しない仲介システム」が存在しているという仮定の上で成り立つものである。また、3節で述べるが、この仮定は、システムから商取引において不正行為を行った当事者が *seller* か *buyer* のどちらであるかを観察できないことを意味している。それ故に、第3者に依存せずに契約での不正行為を防止するシステムは、当事者のうちどちらが不正行為を行ったかという情報を用いずに、当事者達が不正行為を行わないインセンティブ設計を行わなければならない。

本研究の目的は、実社会の商取引において、どのようにして不正行為が抑制されているのかのメカニズムを解明することである。エスクローサービスが電子商取引においては機能しないという前提の上で、電子商取引における不正行為の防止のメカニズムを提案する研究 [Shigeo 2000] は存在するものの、暗黙的に商取引の仲介者への信頼が前提となっており、本質的な解決には至っていない。

本稿では、先の条件を満たすシステムを「商取引システム」と呼び、このシステムから参加者達 (*players*) の通貨の保有量を観察、操作することで商取引のインセンティブ設計を行うものとする。そして、この「商取引システム」を仲介とする商取引を、ゲーム理論を用いて「商取引ゲーム」として定義する。その上で、この「商取引ゲーム」の当事者である *seller* と *buyer* が不正行為を行わないようなインセンティブ設計がシステムから不可能であることを証明し、「商取引ゲーム」において不正行為防止が不可能であることを示す。最後に、今後の研究のため、この理論上の商取引と実社会の商取引を比較することで、なぜ実社会の商取引では不正行為が抑制されているのかを考察する。

<sup>†</sup>慶應義塾環境情報学部 NECO Lab.

## 2 「第3者に依存しない仲介システム」の必要性

商取引において不正行為を防止するためには、第3者に依存せずに動作の正当性が保証された商取引を仲介するシステムが存在していて、かつ、そのシステムは商取引で不正行為を防止できるインセンティブ設計を行える必要がある。仮に第3者に依存せずに動作の正当性が保証された仲介するシステムが存在しないとすれば、再帰的に、商取引を仲介するシステムの動作の正当性を保証する他の仲介するシステムが必要となるため、一向にそのシステムの正当性は保証されない。それ故、必ず第3者に依存せずに動作の正当性が保証された仲介するシステムが存在している必要がある。その上で、商取引において不正行為を防止するには、そのシステムから商取引の当事者達が不正行為を行わなくなるようなインセンティブ設計を行う必要がある。つまりは、第3者に依存せずに動作の正当性が保証されたシステム(本稿では、これを「第3者に依存しない仲介システム」と呼ぶ。)が存在しており、この「第3者に依存しない仲介システム」から商取引の不正行為防止のためのインセンティブ設計が行えなければならない。

## 3 「行動観察不可の条件」

仮にこのようなシステムが存在していたとして、このシステムからインセンティブ設計を行う際には、商取引の当事者である *seller* と *buyer* の行動を観察することができないという条件(以後、「行動観察不可の条件」と呼ぶ。)をおくべきである。なぜなら、商取引が失敗した場合に *seller* と *buyer* のどちらに非があるかを確かめるには、第3者に依存せずに動作の正当性が保証されているという前提に反して、誰かしらの第3者に依存する必要があるからである。

例えば、りんごの売買契約を結んだ *seller* と *buyer* がいて、どちらかがシステムにその商取引の失敗を報告したとする。ここで *seller* と *buyer* のどちらが不正行為を行ったかを知るために、代理人を選出して調査を行うことや、りんごにシステムから不正行為を検知するためのセンサーをあらかじめ埋め込むなどの方法がある。しかし、どちらも代理人やセンサーの正当性を保証する製造者などの第3者に依存してしまう。また、代理人や製造者が正当性が保証されたシステムの

一部であると仮定しても、第3者である彼らの正当性が保証されているためには、別の「第3者に依存しない仲介システム」を用いて彼らと商取引を結んでいなければならない、その仮定は別の「第3者に依存しない仲介システム」という第3者に依存していることを前提としてしまう。

つまり、商取引において不正行為を防止するためには、「行動観察不可の条件」を満たす「第3者に依存しない仲介システム」が存在していなければならないのである。

## 4 「商取引システム」

この「行動観察不可の条件」を満たす「第3者に依存しない仲介システム」が存在するのかを論じるために、このシステムに以下の条件を付随したものを「商取引システム」と定義する。

- このシステム内には通貨が存在している。
- このシステムからは各 *player*(システムの参加者)の通貨の保有量を観察・操作することができる。
- このシステムを仲介として商取引を行う際、支払いはシステム内の通貨で行われる。
- このシステムは商取引の当事者(本稿では *buyer*)から結果の報告を受けた際に各 *player* の通貨の保有量を任意に操作する。

## 5 「商取引ゲーム」

また、この「商取引システム」において、商取引で不正行為を防止できるインセンティブ設計を行うことができるのかを検証するするために、このシステムを商取引の仲介として用いる「商取引ゲーム」を次のように定義する。なお、ここでのゲームの *players*(システムの参加者達)は合理的に(期待利得の最も高い)戦略を決定するものとする。

### 5.1 ゲームの進め方

本稿での商取引は、以下の4つのステップで *seller* と *buyer* が交互に行動を展開するものとする。

**step1** *seller* は商品 *goods* とその価格を告知する

**step2** その商品の購入を希望する *buyer* が「商取引システム」に商取引の合意を報告する。

**step3** *seller* は「正当な行為」と「不正な行為」のどちらかの行動選択をする。ここで「正当な行為」を行った場合、*buyer* は契約通りの *goods* を受け取れ、「不正な行為」を行った場合、*buyer* は契約通りの *goods* を受け取れないものとする。

**step4** *buyer* は商取引の「成功」か「失敗」かを「商取引システム」に報告する。この報告に基づき、「商取引システム」は *seller* と *buyer* の保有する通貨の量を調整する。

$s_3^{buyer}$  ... *seller* が正当な行為をとった場合は「失敗」を、不正な行為をとった場合は「失敗」を報告する

$s_4^{buyer}$  ... *seller* が正当な行為をとった場合は「失敗」を、不正な行為をとった場合は「成功」を報告する

また、商取引終了時の *player* の保有する通貨量の変化によって生じる利得を、第4ステップでの報告が「成功」だった場合は  $r_{success}^{player}$ 、「失敗」だった場合は  $r_{failure}^{player}$  とし、商品の所有によって生じる利得を *goods* と表す。ここで、*seller* と *buyer* の任意の戦略組 ( $s_n^{seller}, s_n^{buyer}$ ) の際の *seller* と *buyer* の各利得は表1のようになる。

## 5.2 ゲーム木

先の商取引ゲームをゲームの木を用いて表すと図1のようになる。**step1** と **step2** の時点では商取引の結果が変化することはない、**step3** で *seller* が「正当な行為」をとるか否かと、**step4** での *buyer* からの報告によってのみ商取引の結果は変化する。また、「商取引システム」からは「行動観察不可の条件」より *seller* と *buyer* がどの行動をとったかはわからないため、**step4** での *buyer* の報告にのみ基づいて *seller* と *buyer* の保有する通貨の量を調整しなければならない。つまりは商取引の結果①と③、②と④はそれぞれ *goods* を除く利得は同じでなくてはならない。

## 5.3 非協力戦略型ゲーム

また、この商取引のモデルは、第3ステップ以降の *seller* の行動選択と、それに対する第4ステップの *buyer* の行動選択を、非協力戦略型ゲームとしてとらえられる。ここで、戦略  $s_n^{player}$  を *player* (ここでは *seller* か *buyer*) の取りうる戦略番号  $n$  の戦略として、*seller* と *buyer* のそれぞれの戦略は以下のように定義する。

$s_1^{seller}$  ... 正当な行為を行う

$s_2^{seller}$  ... 不正な行為を行う

$s_1^{buyer}$  ... *seller* が正当な行為をとった場合は「成功」を、不正な行為をとった場合は「失敗」を報告する

$s_2^{buyer}$  ... *seller* が正当な行為をとった場合は「成功」を、不正な行為をとった場合は「失敗」を報告する

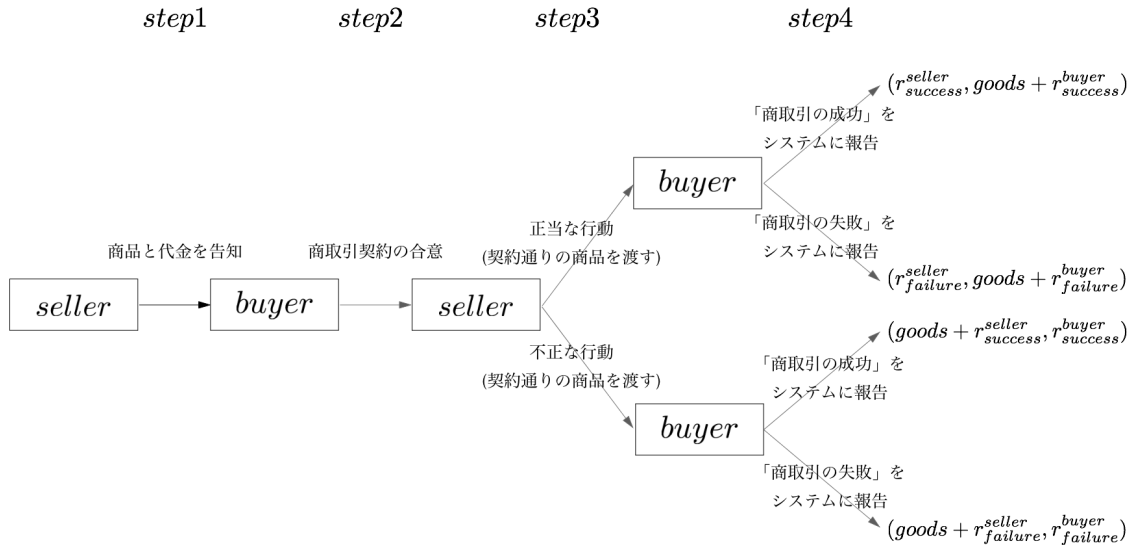


Figure 1: 「商取引ゲーム」のゲーム木

		<i>buyer</i>			
		$s_1^{buyer}$	$s_2^{buyer}$	$s_3^{buyer}$	$s_4^{buyer}$
<i>seller</i>	$s_1^{seller}$	$(r_{success}^{seller}, goods + r_{success}^{buyer})$	$(r_{success}^{seller}, goods + r_{success}^{buyer})$	$(r_{failure}^{seller}, goods + r_{failure}^{buyer})$	$(r_{failure}^{seller}, goods + r_{failure}^{buyer})$
	$s_2^{seller}$	$(goods + r_{failure}^{seller}, r_{failure}^{buyer})$	$(goods + r_{success}^{seller}, r_{success}^{buyer})$	$(goods + r_{failure}^{seller}, r_{failure}^{buyer})$	$(goods + r_{success}^{seller}, r_{success}^{buyer})$

Table 1: 非協力戦略型ゲームとして表した「商取引ゲーム」の利得表

## 6 不可能性の証明

### 6.1 前提の整理

- システムは *buyer* によって報告された商取引の結果を観察できる.
- システムは *seller* と *buyer* がどの戦略を選んだかはわからない.
- 商取引に参加する *player* は合理的に (利得の期待値が最も高い) 戦略を決定する.
- システム内には追跡可能な通貨が存在しており, 商取引にはその通貨が用いられる.
- システムからは *player* の通貨の保有量を操作することができる.

### 6.2 不正行為が起きない戦略組とその条件

表より, 商取引で不正行為が起きないためには, *seller* と *buyer* のとる戦略組が  $(s_1^{seller}, s_1^{buyer})$  もしくは  $(s_1^{seller}, s_2^{buyer})$  のいずれかに帰着しなければならない.

$(s_1^{seller}, s_1^{buyer})$  に帰着するためには,

$$E(R|s_1^{seller}) > E(R|s_2^{seller}) \text{ かつ } E(R|s_1^{buyer}) > E(R|s_2^{buyer}) \text{ かつ } E(R|s_1^{buyer}) > E(R|s_3^{buyer}) \text{ かつ } E(R|s_1^{buyer}) > E(R|s_4^{buyer}) \dots \text{条件①}$$

を満たす必要があり,  $(s_1^{seller}, s_2^{buyer})$  に帰着する場合は,

$$E(R|s_1^{seller}) > E(R|s_2^{seller}) \text{ かつ } E(R|s_2^{buyer}) > E(R|s_1^{buyer}) \text{ かつ } E(R|s_2^{buyer}) > E(R|s_3^{buyer}) \text{ かつ } E(R|s_2^{buyer}) > E(R|s_4^{buyer}) \dots \text{条件②}$$

を満たす必要がある.

つまり, 不正行為を防ぐ商取引のインセンティブ設計を行うためには, 条件①もしくは条件②を満たす  $(r_1^{seller}, r_2^{seller}, r_1^{buyer}, r_2^{buyer}, r_3^{buyer}, r_4^{buyer})$  の組を「商取引システム」から決定することができなければならない. そこで, 不正行為を防ぐ商取引のインセンティブ設計が不可能であることを示すために, 次の命題を証明する.

### 6.3 命題

条件①もしくは条件②のいずれかの条件を満たす  $(r_1^{seller}, r_2^{seller}, r_1^{buyer}, r_2^{buyer}, r_3^{buyer}, r_4^{buyer})$  の組を商取引システムから決定することはできない。

### 6.4 証明

$player$  が戦略  $s_n^{player}$  をとる確率を  $p_n^{player}$  と表す. ( $0 \leq p_n^{player} \leq 1$ )

$seller$  について, 各戦略の期待利得は以下のように表せる.

$$E(R|s_1^{seller}) = p_1^{buyer} r_{success}^{seller} + p_2^{buyer} r_{success}^{seller} + p_3^{buyer} r_{failure}^{seller} + p_4^{buyer} r_{failure}^{seller}$$

$$E(R|s_2^{seller}) = p_1^{buyer} (goods + r_{failure}^{seller}) + p_2^{buyer} (goods + r_{success}^{seller}) + p_3^{buyer} (goods + r_{failure}^{seller}) + p_4^{buyer} (goods + r_{success}^{seller})$$

$$= goods + p_1^{buyer} r_{failure}^{seller} + p_2^{buyer} r_{success}^{seller} + p_3^{buyer} r_{failure}^{seller} + p_4^{buyer} r_{success}^{seller}$$

ここで,  $E(R|s_1^{seller}) > E(R|s_2^{seller})$  を満たすためには,

$$p_1^{buyer} r_{success}^{seller} + p_2^{buyer} r_{success}^{seller} + p_3^{buyer} r_{failure}^{seller} + p_4^{buyer} r_{failure}^{seller}$$

$$> goods + p_1^{buyer} r_{failure}^{seller} + p_2^{buyer} r_{success}^{seller} + p_3^{buyer} r_{failure}^{seller} + p_4^{buyer} r_{success}^{seller}$$

$$\therefore p_1^{buyer} r_{success}^{seller} + p_4^{buyer} r_{failure}^{seller} > goods + p_1^{buyer} r_{failure}^{seller} + p_4^{buyer} r_{success}^{seller}$$

$$\therefore p_1^{buyer} r_{success}^{seller} + p_4^{buyer} r_{failure}^{seller} - goods + p_1^{buyer} r_{failure}^{seller} - p_4^{buyer} r_{success}^{seller} > 0$$

$$\therefore p_1^{buyer} (r_{success}^{seller} - r_{failure}^{seller}) - p_4^{buyer} (r_{success}^{seller} - r_{failure}^{seller}) - goods > 0$$

$$\therefore (p_1^{buyer} - p_4^{buyer}) (r_{success}^{seller} - r_{failure}^{seller}) - goods > 0$$

$$\therefore (p_1^{buyer} - p_4^{buyer}) (r_{success}^{seller} - r_{failure}^{seller} - \frac{goods}{p_1^{buyer} - p_4^{buyer}}) > 0$$

を満たす必要がある. つまり,

$$p_1^{buyer} > p_4^{buyer} \text{ のときは,}$$

$$r_{success}^{seller} - r_{failure}^{seller} > \frac{goods}{p_1^{buyer} - p_4^{buyer}}$$

$$p_1^{buyer} < p_4^{buyer} \text{ のときは,}$$

$$r_{success}^{seller} - r_{failure}^{seller} < \frac{goods}{p_1^{buyer} - p_4^{buyer}}$$

を満たせば,  $E(R|s_1^{seller}) > E(R|s_2^{seller})$  である. なお,  $p_1^{buyer} = p_4^{buyer}$  のときは,

$E(R|s_1^{seller}) > E(R|s_2^{seller})$  は成り立たない.

また, *buyer* について, 各戦略の期待利得は以下のように表せる.

$$E(R|s_1^{buyer}) = p_1^{seller}(goods + r_{success}^{buyer}) + p_2^{seller}r_{failure}^{buyer}$$

$$E(R|s_2^{buyer}) = p_1^{seller}(goods + r_{success}^{buyer}) + p_2^{seller}r_{success}^{buyer}$$

$$E(R|s_3^{buyer}) = p_1^{seller}(goods + r_{failure}^{buyer}) + p_2^{seller}r_{failure}^{buyer}$$

$$E(R|s_4^{buyer}) = p_1^{seller}(goods + r_{failure}^{buyer}) + p_2^{seller}r_{success}^{buyer}$$

#### 6.4.1 条件①が成り立たないことの証明

ここで, 条件①の必要条件である  $E(R|s_1^{buyer}) > E(R|s_2^{buyer})$  かつ  $E(R|s_1^{buyer}) > E(R|s_3^{buyer})$  かつ  $E(R|s_1^{buyer}) > E(R|s_4^{buyer})$  を満たすためには,

$$E(R|s_1^{buyer}) > E(R|s_2^{buyer})$$

$$\therefore p_1^{seller}(goods + r_{success}^{buyer}) + p_2^{seller}r_{failure}^{buyer} > p_1^{seller}(goods + r_{success}^{buyer}) + p_2^{seller}r_{success}^{buyer}$$

$$\therefore p_2^{seller}r_{failure}^{buyer} - p_2^{seller}r_{success}^{buyer} > 0$$

$$\therefore p_2^{seller}(r_{failure}^{buyer} - r_{success}^{buyer}) > 0$$

$$\text{つまり, } p_2^{seller} > 0 \text{ かつ } r_{failure}^{buyer} - r_{success}^{buyer} > 0$$

$$p_2^{seller} > 0 \tag{1}$$

$$0 > r_{success}^{buyer} - r_{failure}^{buyer} \tag{2}$$

$$E(R|s_1^{buyer}) > E(R|s_3^{buyer})$$

$$p_1^{seller}(goods + r_{success}^{buyer}) + p_2^{seller}r_{failure}^{buyer} > p_1^{seller}(goods + r_{failure}^{buyer}) + p_2^{seller}r_{failure}^{buyer}$$

$$p_1^{seller}(r_{success}^{buyer} - r_{failure}^{buyer}) > 0$$

$$\text{つまり, } p_1^{seller} > 0 \text{ かつ } r_{success}^{buyer} - r_{failure}^{buyer} > 0$$

$$p_1^{seller} > 0 \tag{3}$$

$$r_{success}^{buyer} - r_{failure}^{buyer} > 0 \tag{4}$$

$$E(R|s_1^{buyer}) > E(R|s_4^{buyer})$$

$$\therefore p_1^{seller}(goods + r_{success}^{buyer}) + p_2^{seller}r_{failure}^{buyer} > p_1^{seller}(goods + r_{failure}^{buyer}) + p_2^{seller}r_{success}^{buyer}$$

$$\therefore p_1^{\text{seller}}(r_{\text{success}}^{\text{buyer}} - r_{\text{failure}}^{\text{buyer}}) + p_2^{\text{seller}}(r_{\text{failure}}^{\text{buyer}} - r_{\text{success}}^{\text{buyer}}) > 0$$

$$(p_1^{\text{seller}} - p_2^{\text{seller}})(r_{\text{success}}^{\text{buyer}} - r_{\text{failure}}^{\text{buyer}}) > 0$$

$$(p_1^{\text{seller}} - p_2^{\text{seller}})(r_{\text{success}}^{\text{buyer}} - r_{\text{failure}}^{\text{buyer}}) > 0 \quad (5)$$

の3つを満たす必要がある。しかし、(2) と (4) は矛盾するため、 $(r_1^{\text{seller}}, r_2^{\text{seller}}, r_1^{\text{buyer}}, r_2^{\text{buyer}}, r_3^{\text{buyer}}, r_4^{\text{buyer}})$  がいかなる実数の組でも条件①は成り立たない。

#### 6.4.2 条件②が成り立たないことの証明

また、条件②の必要条件である  $E(R|s_1^{\text{seller}}) > E(R|s_2^{\text{seller}})$  かつ  $E(R|s_2^{\text{buyer}}) > E(R|s_1^{\text{buyer}})$  かつ  $E(R|s_2^{\text{buyer}}) > E(R|s_3^{\text{buyer}})$  かつ  $E(R|s_2^{\text{buyer}}) > E(R|s_4^{\text{buyer}})$  を満たすためには、

$$E(R|s_2^{\text{buyer}}) > E(R|s_1^{\text{buyer}})$$

$$\therefore p_1^{\text{seller}}(\text{goods} + r_{\text{success}}^{\text{buyer}}) + p_2^{\text{seller}}r_{\text{success}}^{\text{buyer}} > p_1^{\text{seller}}(\text{goods} + r_{\text{success}}^{\text{buyer}}) + p_2^{\text{seller}}r_{\text{failure}}^{\text{buyer}}$$

$$\therefore p_2^{\text{seller}}(r_{\text{success}}^{\text{buyer}} - r_{\text{failure}}^{\text{buyer}}) > 0$$

$$0 \leq p_2^{\text{seller}} \leq 1 \text{ より,}$$

$$p_2^{\text{seller}} > 0 \text{ かつ } r_{\text{success}}^{\text{buyer}} - r_{\text{failure}}^{\text{buyer}} > 0$$

$$p_2^{\text{seller}} > 0 \quad (6)$$

$$r_{\text{success}}^{\text{buyer}} - r_{\text{failure}}^{\text{buyer}} > 0 \quad (7)$$

$$E(R|s_2^{\text{buyer}}) > E(R|s_3^{\text{buyer}})$$

$$\therefore p_1^{\text{seller}}(\text{goods} + r_{\text{success}}^{\text{buyer}}) + p_2^{\text{seller}}r_{\text{success}}^{\text{buyer}} > p_1^{\text{seller}}(\text{goods} + r_{\text{failure}}^{\text{buyer}}) + p_2^{\text{seller}}r_{\text{failure}}^{\text{buyer}}$$

$$\therefore p_1^{\text{seller}}(r_{\text{success}}^{\text{buyer}} - r_{\text{failure}}^{\text{buyer}}) + p_2^{\text{seller}}(r_{\text{success}}^{\text{buyer}} - r_{\text{failure}}^{\text{buyer}}) > 0$$

$$\therefore (p_1^{\text{seller}} + p_2^{\text{seller}})(r_{\text{success}}^{\text{buyer}} - r_{\text{failure}}^{\text{buyer}}) > 0$$

$$p_1^{\text{seller}} + p_2^{\text{seller}} = 1 > 0 \text{ より,}$$

$$r_{\text{success}}^{\text{buyer}} - r_{\text{failure}}^{\text{buyer}} > 0$$

$$r_{\text{success}}^{\text{buyer}} - r_{\text{failure}}^{\text{buyer}} > 0 \quad (8)$$



$$E(R|s_2^{buyer}) > E(R|s_4^{buyer})$$

$$\therefore p_1^{seller}(goods + r_{success}^{buyer}) + p_2^{seller}r_{success}^{buyer} > p_1^{seller}(goods + r_{failure}^{buyer}) + p_2^{seller}r_{success}^{buyer}$$

$$\therefore p_1^{seller}(r_{success}^{buyer} - r_{failure}^{buyer}) > 0$$

$$p_1^{seller} > 0 \text{ かつ } r_{success}^{buyer} - r_{failure}^{buyer} > 0$$

$$p_1^{seller} > 0 \tag{9}$$

$$r_{success}^{buyer} - r_{failure}^{buyer} > 0 \tag{10}$$

ここで、(7)、(8)、(10)を満たす  $(r_{success}^{buyer}, r_{failure}^{buyer})$  の組はシステムから決定できるため、

$p_2^{seller} > 0$  かつ  $p_1^{seller} > 0$  であれば、  
 $E(R|s_2^{buyer}) > E(R|s_1^{buyer})$  かつ  $E(R|s_2^{buyer}) > E(R|s_3^{buyer})$  かつ  $E(R|s_2^{buyer}) > E(R|s_4^{buyer})$  を満たすことができる。

ここで仮に  $p_2^{seller} > 0$  かつ  $p_1^{seller} > 0$  が成り立ち  $buyer$  が戦略  $s_2^{buyer}$  を選択するととする。

このとき、 $buyer$  が各戦略をとる確率  $(p_1^{buyer}, p_2^{buyer}, p_3^{buyer}, p_4^{buyer})$  は  $(0, 1, 0, 0)$  と表せる。

ここで、 $p_1^{buyer} = p_4^{buyer} = 0$  のため、 $E(R|s_1^{seller}) > E(R|s_2^{seller})$  は成り立たない。

それゆえに、条件②は成り立たない。

以上より、条件①もしくは条件②のいずれかの条件を満たす  $(r_1^{seller}, r_2^{seller}, r_1^{buyer}, r_2^{buyer}, r_3^{buyer}, r_4^{buyer})$  の組を「商取引システム」から決定することはできない。

## 7 結論

本稿では、商取引において不正行為を防止するためには、「行動観察不可の条件」を満たした「第3者に依存しない仲介システム」が存在している必要があることを論じた。その上で、そのシステムが存在するのかを検証するために、下記の条件を付随した「商取引システム」と、それを仲介とした「商取引ゲーム」を定義して、商取引で不正行為を防止できるインセンティブ設計が可能かを確かめた。

- システムは *buyer* によって報告された商取引の結果を観察できる。
- システムは *seller* と *buyer* がどの戦略を選んだかはわからない。
- 商取引に参加する *player* は合理的に (利得の期待値が最も高い) 戦略を決定する。
- システム内には追跡可能な通貨が存在しており、商取引にはその通貨が用いられる。
- システムからは *player* の通貨の保有量を操作することができる。

その結果として、不正行為が防止されるための2つの戦略組のいずれかに *seller* と *buyer* の戦略を帰着させるような利得の組を商取引システムから決定することはできないことを証明した。これはつまり、人々は合理的であるという仮定の上で成り立つ「商取引ゲーム」において、不正行為を防止することが不可能であることを意味する。

## 考察

本稿で論じた理論上の商取引 (「商取引ゲーム」) において不正行為防止は不可能であるという結論に反して、我々が日々を暮らす実社会では商取引での不正行為はある程度、抑制されている。この原因は、理論上の商取引の前提と実社会の商取引の差異にあるはずである。1つ考えられるのは、*buyer* 側の戦略に含まれる「*seller* が不正行為を行った場合に「成功」を報告する」という行動だ。理論上の商取引においては、この行動を含む戦略は他の戦略に比べて期待利得が高く合理的な戦略であるといえるが、実社会ではこの行動が取られることは稀である。メルカリやヤフオクなどの

商取引プラットフォームでは、多くのユーザーが商取引で相手が不正行為を行ったとき、相手からの報復で「悪い評価」をつけられることを恐れずに、相手に「悪い評価」をつけている。また、同様に多くのユーザーが不正行為を働いた場合に相手が「悪い評価」をつけてくると考えているために、誠実な行動をとっている。つまりは、*seller* が不正行為を行った場合に必ず「失敗」を報告しているという仮定が置かれていると考えられる。今後の研究では、この仮定をおいた上で、「商取引システム」から「商取引ゲーム」で不正行為が防止されるようなインセンティブ設計が可能であるかどうかを明らかにするとともに、それが可能であるならば、その仮定を守る *player* の割合が、不正行為の発生率にどのように影響をもたらすかを検証したい。

## 謝辞

所属する研究会である慶應SFC村井研NECO Lab.の指導教員の齊藤賢爾氏と入会時よりお世話になっている阿部涼介氏、及び、今学期のKGLをなさっていた菅藤佑太氏、そのほかNECO lab.の方々への感謝をここに記します。

## 参考文献

[Shigeo 2000] Shigeo Mastubara and Makoto Yoko, Fraud-Free Exchange Mechanisms in Electronic Commerce, Journal of Japanese Society for Artificial Intelligence(2000).