

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月19日現在

機関番号：32689

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2010～2011

課題番号：22830101

研究課題名（和文） 開かつ匿名な環境における共同成果配分問題の提携型ゲーム理論による分析

研究課題名（英文） Coalitional game analysis of surplus distribution problems in open and anonymous environments

研究代表者

近郷 匠（KONGO TAKUMI）

早稲田大学・政治経済学術院・助手

研究者番号：70579664

研究成果の概要（和文）：インターネット上のような主体の参加・退出が自由かつ参加者の識別が容易でない環境を念頭に置いた余剰配分問題を提携型ゲーム理論によって理論的に考察した。共用 ID を用いた複数主体の共謀行動や、特定の主体の参加・離脱が他の主体の余剰配分に影響を与えないといった観点から、いくつかの余剰配分方法に統一的な特徴付けを与えた。これによりそれらの類似点と差異を明確にし、異なる余剰配分方法の間の選択基準を与えた。

研究成果の概要（英文）： This project studies surplus division problems focusing on an environment where agents can freely participate and leave, and where participants are not easily identified. Typical examples of such an environment are transactions over the Internet. A unified characterization of several surplus distributions (solutions of coalitional/cooperative games) is given by focusing on "agents' collusion behaviors by using a common ID" and on "influence of an agent's leaving on the payoffs of the remaining agents." This result gives us one criterion of selecting an appropriate surplus distribution rule among several ones, as the situation demands.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	400,000	120,000	520,000
2011年度	570,000	171,000	741,000
年度			
年度			
年度			
総計	970,000	291,000	1,261,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：経済学・理論経済学

キーワード：提携型ゲーム，公理的特徴付け

## 1. 研究開始当初の背景

共用施設の建設費用分担問題のように、複数のそれにかかわる主体が互いに行動を調整しあい、協調的行動をとり、その結果として実現した費用の節約分などの共同成果をそれにかかわった主体たち間で配分するという問題は、現実の社会・経済問題に広くみられ、重要である。このような共同成果の

配分問題では、配分の公平性や配分の効率性などといった様々な側面が重視される。そのような側面の分析を含め、こういった共同成果の配分問題は、しばしば提携型ゲーム理論およびその解の特徴付けなどを通じて議論されてきた。

近年、社会の様々な場面で、インターネットが欠かせない情報通信手段となっている。

インターネットを利用した情報伝達のおかげで、遠隔地の人間同士でも容易に相互のやり取りが可能になり、それにより経済的余剰が発生する機会が拡大している。インターネットオークションなどはその最たる例である。インターネットオークションでは販売者の不要な物品などを購入者が対価を払い入手する。この場合、販売者にとってのその物品の価値と、購入者にとってのその物品の価値の差が取引から発生する経済的余剰であり、対価を適切に定めることで、この余剰を販売者と購入者の間で分配している。このように考えると、これは一種の共同成果配分問題として捉えられる。しかしながら、インターネットオークションのような状況にはこれまでに考察されてきた他の社会・経済問題での共同成果配分問題とは異なる側面がある。インターネット上では、通常、人々はそれぞれ個人を識別する ID を入手し、それを通じて他の人々とやり取りを行う。しかしながら ID は必ずしも一人の人間と一対一に対応しない。同一の人間が複数の ID を入手し、それを使い分けることであたかも複数の人間のようにふるまうことが可能であるし、また複数の人間が一つの ID を共用することで、あたかも一人の人間のようにふるまうことも可能である。インターネットオークションにおいて具体的には、販売者が異なる ID を用いて別人である購入者のふりをして、自身の販売する商品に入札し、販売価格を釣り上げる等の行為がその一例である。こういった行為は ID を通じて他者を識別するという、インターネット上などに特有な環境、つまり匿名的である環境に起因する問題である。これは通常のコモンスense配分問題ではあまり重視されていなかったものの、この環境での余剰分配に影響を与えかねない。またこれ以外にも、インターネット上のような環境では、そもそも問題への参入・退出が自由・容易である。このことから、人々が自身の能力・リソースを一部隠し、やり取りに部分的に参加するといった行動も可能である。こういった現象は環境の開性とよばれ、匿名性同様に、通常のコモンスense配分問題ではあまり重視されてこなかったものの、この環境での余剰分配に影響を与えかねない。

匿名性および開性の存在するような環境における共同成果配分問題を提携型ゲーム理論により考察しているいくつかの先行研究では以下のような議論が展開されている。まず、人々が集団を形成し、協調することで経済的余剰を生み出すことができるのは、人々がそれぞれ経済的余剰を生み出すスキルを保持しているためと考える。一般に、一人の人間は複数のスキルを同時に保持しており、一人の人間はスキルの組み合わせとして捉えられる。人々が集団を形成することは、

それぞれの保持するスキルが組み合わせられ、より大きなスキルの集まりとなり、そのスキルの集まりが余剰を生み出すと捉えられる。この設定の下で、環境の匿名性で注目される共通 ID を通じた複数の人々の共謀は、本来複数の人が保持するそれぞれのスキルの全てをあたかも一人の人が保持しているようにふるまうこと、また、一人の人間が複数 ID を利用する行為は、本来一人が保持するスキルをいくつかの集団に分割し、それぞれをあたかもそれぞれ別人が保持するようにふるまうこと、と捉えられる。さらに、環境の開性で注目される余剰生産能力の秘匿は、この設定の下では、人が本来保持しているスキルをあたかも保持していないかのようにふるまうこととして捉えられる。

余剰を生み出しているのは人々というより、むしろ人々がそれぞれ保持しているスキルと捉える一方で、余剰の配分はスキルではなく、人々に対して行われる。この構造ゆえに、こういった匿名性および開性に起因する人々のふるまいが問題となる。一例をあげると、人々の集団行動、つまりスキルの組み合わせによって発生した経済的余剰をそのスキルを通じた貢献度などを一切無視して、すべての人々の間で均等に配分するような余剰配分ルールを念頭に置くと、人々は最終的に自身が受け取る余剰配分を増やすために、自身が所持するスキルを可能な限り分割し、本来一人の人間をなるべく多くの他人のように見せかけ、見かけ上の多人数分の配分を受け取ることが予想される。

このような行為を防ぐために、スキルの組み合わせである人ではなく、一つ一つのスキルに直接、経済的余剰を配分し、人々は自身が保持するスキルに割り当てられた余剰の総和を最終的に受け取るようにすればよい。すなわち、人々の間での共同成果の配分をめぐるゲームを、共同成果を生み出すスキルの間のゲームとして捉えれば、スキルの操作を通じた人々の行動を無意味にできる。

## 2. 研究の目的

1. で述べた背景を踏まえ、開性と匿名性のある状況における共同成果の配分問題を理論的に分析することが本研究の目的である。分析は主に提携型ゲーム理論に基づき、特に、共同成果の適切な配分とは何で、そもそも適切な配分は存在するのか、さらに、適切な配分は実際に実現できるのかという点にかんして考察する。

1. で述べた先行研究の考え方に倣い、人々の間での共同成果配分問題ではなく、人々が保持するスキルの間での成果配分問題を考え、人々は最終的に本来、自身が保持するすべてのスキルに配分された余剰の総

和を受けるとするという設定では、特に匿名性に起因した人々のスキル集合の統合・分割等の行動は意味をなさない。したがって、これらの行動が余剰配分を考える上では問題とならず、スキル間での余剰配分は通常の提携型ゲームとして、公平性や効率性といった重要な性質（公理）などを考慮し、それをもとに人々の間での余剰配分問題における公平性や効率性などを考察することになる。この設定のもとでは、人々のスキル集合の統合・分割・秘匿等の行動にかんする余剰配分の性質と、公平性や効率性にかんする余剰配分の性質が異なる段階で定式化されており、両者を直接比較・検討できない。人々が ID を活用したスキル統合・分割といった行動をモデルの設定ではなく、モデル内で公平性や効率性と同様に余剰配分にかんする性質（公理）として定式化することで、余剰配分のその他の性質（公理）との本質的な関係を議論できるようになる。それにより、匿名性と開性のある環境における余剰配分方法の望ましさを改めて考察することが本研究の一つの目的である。

情報通信技術の発達により、インターネットなどを介した商取引が活発化している現状に鑑み、本研究で扱う匿名かつ開な環境における共同成果配分問題の現実での重要性は日々高まっていると言える。理論的成果をそのような現実問題へ適用するという観点からは、ただ望ましい余剰配分を明らかにするだけでなく、その望ましい余剰配分を人々の行動の結果として実際に実現することが重要である。個別の余剰配分問題での一人一人の参加者の関心は主に「自身がどれだけ多くの余剰を受け取ることができるか」であり、各主体にかんする情報がそれぞれにとって個人情報である限り、一部の参加者が虚偽の情報に基づいたふるまいを通じて、自身の配分をより増やすような行動をとることが考えられる。その結果、虚偽情報のもとでの望ましい配分が全体として実現し、それは正しい情報のもとでは全体として望ましくない配分となることがあり得る。したがって、特に全体として望ましいと判断されたある余剰配分について、すべての参加者が自由に行動をした結果としてそれを実現するには参加者たちのやり取りにどのようなルールを設ければいいのかを考察しなければならない。つまり、理論的に望ましい余剰配分方法に基づいて、実際に現実の問題を解決する具体的な方法を模索することも本研究の目的の一つである。

### 3. 研究の方法

環境のもつ匿名性に関しては、2. 目的で述べたように、匿名性に起因する人々の ID

を活用したスキル集合の統合・分割を余剰配分に関する性質として定式化し、効率性や公平性などの他の重要な性質と並列的に議論することが目的である。このために、人々の間での余剰配分問題を人々の保持するスキルの間での余剰配分であるスキルゲームとして考察するのではなく、スキルがそれぞれ誰に保持されているかを明示した、スキルの間での集団構造（提携構造）付きのスキルゲームとして状況を定式化し、理論的に考察した。提携構造付きのスキルゲームでも、人々は最終的には本来自身が保持するスキルに配分された余剰の総和を受け取ることに変わりが無い。しかしながら、スキルが全体としてどのような集団構造になっているかで、それぞれのスキルに割り当てられる余剰配分が異なる。したがって、人々のスキル統合・分割という行動によって、全体としてのスキルの集団構造が変化し、それに伴ってスキル間での余剰配分が変化し、さらにはそれから定まる各人の余剰配分が変化する。つまりこのような設定により、「スキル集合の統合・分割によって、余剰配分を増やすことができる人々がない」という形の余剰配分にかんする性質として、匿名性に起因する問題を定式化できる。

開性に関しては新たに次のような考察を行った。人々の参加が自由であるという開性の特徴は、それが実際に参加・退出する人自身のみには影響しないのであれば、集団での余剰配分として大きな問題ではない。一方、ある人が問題に参加あるいは退出することによって、その他の人にも影響がある（他の人の余剰配分がある人の参加・退出によって変化する）場合は大きな問題となる。この点に注目し、通常の提携型ゲーム理論で、いくつかの代表的な余剰配分において、いなくなっても他者に影響を与えない人はどのような人か？をそれぞれ考察し、それらを余剰配分の性質としてそれぞれ定式化し、さらにそれらを用いていくつかの余剰配分を統一的観点から公理的に特徴付け、それぞれの余剰配分の望ましさを比較した。

最後に、望ましい余剰配分を現実に実現する具体的方法に関しては、望ましい余剰配分方法を提携型ゲームの解として描写し、それを提携型ゲームのプレイヤーたちの行動の帰結としてもたらず、つまり、提携型ゲームのプレイヤーたちの取引を非協力ゲームとして描写し、その均衡として目的とする望ましい余剰配分を実現することができるかを理論的に考察した。ただし、特に匿名性に関する議論の中で、状況を人々の中でのゲームではなく人々の保持するスキルの中でのゲームとして定式化しているため、スキルではなく人々の中での非協力ゲームを考えることになる。この点で、非協力ゲームでは通常よ

く用いられる一人のプレイヤー（本研究の環境では一つのスキルに対応）の戦略の変更がそのスキルを保持する人に有益とならないというナッシュ均衡に基づいたアプローチだけではなく、複数のプレイヤー（本来同一の人に保持されている複数のスキル）が集団で戦略を変更してもそのスキルを保持するプレイヤーに有益とならないといういわゆる強ナッシュ均衡に基づいたアプローチをとる。

#### 4. 研究成果

3. に述べた研究方法に基づき、本研究では以下のいくつかの成果を得た。

まず、特に匿名性に注目した望ましい余剰配分に関する議論では、匿名性に起因する ID によるスキル集団の統合・分割が余剰配分を増やさないという、余剰配分に関する性質を定式化した。そしてこの性質は対称性や効率性、何ら貢献を生まない人は余剰配分がゼロといった性質などのいくつかの著名な性質の組み合わせとは両立しえないことが明らかにした。これらの性質一つ一つは余剰配分の望ましい性質と捉えることができ、この結果はすなわち、匿名性のある環境では複数の観点から望ましいと考えられる余剰配分の存在が困難であることを示している。これは残念な結果だが、こういった環境では余剰配分の良い性質をたくさん求めることはできないというように解釈できる。すなわち、匿名性のある環境で余剰配分を設定する際には、状況に応じてどんな性質が最重要視されているのかを慎重に見極める必要がある。

次に、特に開性に注目した余剰配分に関する議論では、提携型ゲーム理論のいくつかの著名な余剰配分、シャープレイ値、均等分配値、solidarity 値をそれぞれ「どんな人がいなくなったときに他者の配分に影響がないか」の一点だけが異なる性質の組みとして特徴付け、これらの類似点と差異を明確にした。また、「二主体の合体が利にならない」という匿名性の要請に近い性質を用いると Banzhaf 値も同様に特徴付けられることも示している。以下の 5. に述べるように、これらの成果をまとめた論文は海外の学術雑誌にすでに掲載されており、提携型ゲーム理論の解の研究として国内外にインパクトを与えている。論文では純粋な解の特徴付けとしてより一般的な結果を得ており、すでに述べた 4 種の著名な余剰配分だけでなく、関連する他の余剰配分にも結果の拡張が期待される。

最後に、望ましい余剰配分を現実に実現する具体的方法については、特に匿名性のある環境で、多くの望ましさの基準を同時に満足する望ましい余剰配分自体が存在しないと

いう否定的な結果を得たため、建設的な結果を得るのは困難であることが明らかになっている。この研究に関して、本来一人の人が所有している複数のスキルをあたかもそれぞれ一つのプレイヤーとみなすスキルゲームをもとにした非協力ゲームを考えるため、先に述べたように複数のスキルが同時に戦略を変更するという強ナッシュ均衡に基づいたアプローチをとる必要があった。この点は、提携型ゲームに関連する望ましい余剰配分を非協力ゲームとして描写・分析する際に、有益な視点となり得る。

#### 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 1 件）

(1) Y. Kamijo and T. Kongo

Whose deletion does not affect your payoff? The difference between the Shapley value, the egalitarian value, the solidarity value, and the Banzhaf value  
European Journal of Operational Research  
査読有, Vol. 216, 2012, pp. 638-646

DOI: 10.1016/j.ejor.2011.08.011

〔学会発表〕（計 1 件）

(1) T. Kongo

Whose deletion does not affect your payoff? The difference between the Shapley value, the egalitarian value, the solidarity value, and the Banzhaf value?  
Logic, Game Theory, Social Choice 7

2011 年 7 月 6-9 日, ブカレスト (ルーマニア)

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

近郷 匠 (KONGO TAKUMI)

早稲田大学・政治経済学術院・助手

研究者番号: 70579664