

博士学位論文要旨

Trading in Networked Markets

(ネットワーク化された市場での取引)

白田 康洋

1 Introduction

完全に競争的な市場では、市場の参加者達は、価格を所与としたもとの、誰とでも取引費用無しで、自由に取引できる。その結果、標準的な価格理論では、ワルラス型競争均衡配分が実現すると予想する。この配分は、厚生経済学の第一基本定理より、効率的である。しかし、多くの場合、財・サービスは市場に不偏的に存在していつでも自由に誰とでも取引可能という状態であることはない。特に、Granovetter [1] は、市場に埋め込まれたネットワークが取引活動に大きな影響を与えるということを指摘している。

博士論文では、このネットワーク化された市場での取引理論について研究する。ネットワーク化された市場とは、完全競争市場が仮定する、価格を所与として誰が誰とでも取引可能な市場ではない。ある2人がその2者間で取引できるのは、互いにネットワークにより結びつけられかつ、取引内容について互いに合意したときのみである。このため、伝統的な市場理論の仮定は満たされない。本研究では、このようなネットワーク化された市場での、戦略的に行動する市場参加者たちの行動をゲーム理論を用いて分析する。

このようなネットワーク構造がある市場のもとの、経済活動の研究は近年盛んに行われてきている（例えば、就職市場 (Calvò-Armengol and Jackson [2]), 国際貿易 (Furusawa and Konishi [3]), 企業間の共同事業 (Goyal and Joshi [4]) 等)。

本研究では、その中でも2部市場を主に、ネットワークが市場に与える影響を調べる。2部市場とは市場の参加者たちが、売り手と買い手といった2つの特性により分けられている市場である。近年、2部市場は生徒の学校選択問題 (Abdulkadiroğlu and Sönmez [5]) や病院の研修医配置

問題 (Roth [6]) など, いくつかの現実の問題にも応用されている.

具体的には以下の3つをテーマに研究を行う.

Chapter 2: Formation of Decentralized Manufacturer-Supplier Networked Market (分権化された市場における企業間取引ネットワークの形成)

Chapter 3: First Price Package Auction with Many Traders (多数の売り手と買い手が参加しているネットワーク化された市場での第一位価格組み合わせオークションと市場均衡)

Chapter 4: The Evolution of Fairness under an Assortative Matching Rule in the Ultimatum Game (最後通牒ゲームにおける公平行動の進化に対するマッチングルールの役割)

2 Formation of Decentralized Manufacturer-Supplier Networked Market

本研究では, 供給企業と製造企業の企業間2部市場における取引関係ネットワークの形成とその安定性について考察した. 現実の市場を見てみると, 市場参加企業たちは誰とでも自由に取引しているわけではなく, サプライチェーンネットワークや系列取引などの, 取引のための相互関係を戦略的に構築している場合が多い. 本研究では, そのような2者関係をリンクと呼び, 市場に存在するリンクの集合をネットワークと呼ぶ. 本研究では, このような市場で参加者たちが戦略的にネットワークを形成し, 取引する場合, どのようなネットワークが安定となるかを考察する.

もし, 取引ネットワークを構築するための費用が低ければ, 価格理論が仮定するような誰が誰とでも自由に取引できる完備ネットワーク化された市場のみが戦略的に安定となると考えられる. そしてその結果, ワルラス型競争均衡配分が達成される. しかし, 費用が低くとも厳密に正であるならば, その均衡での配分は市場全体で見ると, 非効率となることが予想される. なぜならば, 完備ネットワーク化された市場では, 完全に効率的な配分を実現するようなネットワークよりも多くの取引関係を形成しなくてはならないからである. その結果, 安定ネットワークの構築費用が効率的なネットワークの構築費用よりも大きくなってしまい非効率性が発生すると予想される.

本研究では, 上記の主張が正しいことを理論的に証明した. ネットワーク形成の費用が低くとも厳密に正であるならば, 完備ネットワークが安定ネットワークとなり, そのもとでの取引の

帰結としてワルラス型均衡配分が実現する。しかしこの完備ネットワークが形成されるのは、供給企業が値段をつり上げるために複数の製造企業に対して形成費用を補償してリンクを形成するからである。よって、完備ネットワークは社会的に効率的なネットワークよりも過剰なリンクが形成されているネットワークである。つまり、ネットワーク形成の費用も考えたときの効率性は満たされず、ネットワーク化された市場では必ず非効率な取引の帰結が実現することを示した。

よって、完全競争の結果として効率的な配分が達成されるという厚生経済学の第一定理は、取引ネットワークを構築する費用がゼロで、その結果誰が誰とでも取引できるという仮定に大きく依存していることになることを示した。

3 First Price Package Auction with Many Traders

上記のように、伝統的な経済理論では、誰とでも、匿名的に、所与の価格のもとで、自由に財を取引できることを仮定し、その下での競争均衡が社会的に効率的な帰結をもたらすということを厚生経済学の第一基本定理により、明らかにしている。

本研究では、2部市場での複数財の配分問題に着目して、ネットワークが市場に与える影響を調べた。このように取引関係がネットワークにより制限され、取引が相対的に行われるような場合は、集権化した価格メカニズムにより配分が決定されると考えるよりも、当事者間の交渉により決定した価格を通じて配分が決定されると考えるのが自然である。本研究ではその中でも、各買い手が複数の売り手にそれぞれ別の非線形価格を提案するという分権化されたオークションメカニズムによる交渉を考えた。市場の中では、売り手の数と同じだけの第一位価格複数財オークションが行われ、それぞれのオークションでは参加している買い手達は非線形価格を提示し、その提案を所与とした売り手の利潤最大化により財が配分される。

例えば、Yahoo! オークションでは多くの場合、複数の財を出品している売り手が多数存在し、各買い手はそれぞれの売り手に対して価格を付けている。そしてそのオークションの中では、時間制約・探索費用等によりすべての出品が観察できるわけではないので、ネットワーク構造が埋め込まれていると考えられる。しかし、既存の組み合わせオークション理論 (Milgrom [7]) では、売り手は一人で、複数の財を出品し、買い手が複数いるという状況を考えてきた。よって、このような複数の売り手がいる状況での組み合わせオークションで、どのような行動が観察され結果としてどのような配分が実現するかは研究されてこなかった。

本研究の目的は、複数の売り手と複数の買い手がいるネットワーク構造が埋め込まれた2部市場において第一位価格組み合わせオークションが行われると、結果としてどのような配分が実現するのかを求めることである。そして、その帰結と既存の市場理論から導かれる市場均衡帰結や中央集権的なメカニズムによる帰結との関係性を明らかにすることである。

結果として以下のことを示した。複数の売り手による第一位価格複数財オークションの結果、ネットワーク構造を所与とした買い手最適コア配分が実現する。買い手最適コア配分とは、どんな提携による逸脱も得をしないコア配分の中でかつ、買い手達にとってのパレートフロンティア上にある配分の集合である。この結果により、Bernheim and Whinston [8] の売り手が一人の場合の第一位価格複数財オークションの結果が複数の売り手の場合にもそのまま拡張できることが示された。

売り手が一人でかつ財が代替的であるときは、この買い手最適コア配分が中央集権的なメカニズムである Vickrey-Clark-Groves (VCG) メカニズムによる配分と一致することが知られている。しかし、本研究では複数の売り手がいる場合にはこの同値関係が成立せず、一般的には各買い手の実現する利得が VCG メカニズム利得よりも低くなることを示した。また、分権化された市場での伝統的な価格理論が予想する帰結であるワルラス型市場均衡との比較も行った。その結果、買い手最適コア配分では、各買い手は、ネットワーク構造を所与としたときのワルラス型市場均衡よりも高い利得が得られることを示した。

以上はネットワーク構造を所与としたものの議論であるが、本研究ではさらにネットワークの安定性と効率性の関係についても分析を行った。もし買い手が売り手に一方的にリンクを結ぶことができるならば、社会的に効率的なネットワークが安定となることがわかった。しかし、買い手と売り手の合意によりリンクの形成が行われるというペア安定性を考えた場合には、一般的には安定ネットワークの効率性は満たされず、ネットワーク構築費用がゼロなどの特殊な場合に限られることがわかった。

4 The Evolution of Fairness under an Assortative Matching Rule in the Ultimatum Game

本研究では、実験においてしばしば観察される（例えば Güth et al. [9]）、標準的なゲーム理論では説明できない、公平行動について考察した。今、ある一定量のパイを二企業間の交渉により配分するという状況を考えてみよう。配分方法は、以下の最後通牒ゲームで与えられる。まず、

プレイヤー1（提案者）が2人への分配を提案する。次に、プレイヤー2（応答者）がその提案を受け入れるか拒否するかを決める。もし、受け入れればその分配が実現し、拒否すれば両者とも何も貰えない。

このとき、プレイヤーたちが完全に合理的であるならば、すべてのパイを提案者が受け取るという不公平な提案がなされ、それを受け入れられるという帰結が標準的なゲーム理論から予想される。しかし、実験を行ってみると、そのような行動よりも公平な分配を提案し、また、公平ではない提案に対しては拒否をするという行動がしばしば観察される。Gale et al. [10] では、この公平行動を学習におけるノイズの偏りにより説明した。彼らは、応答者の学習が提案者の学習よりもノイズが大きいときに平等配分を実現する不完全ナッシュ均衡が安定的になることがあり得ること示している。

本研究ではこの公平な行動を説明するために、学習のノイズの偏りではなく、マッチングの偏りをモデルに導入して理論を構築する。現実の交渉過程では、交渉ペアの形成が、地域・言語等の社会的ネットワークによる効果でしばしば偏って行われる。また、人々は限定合理的で学習をしながら行動を変化させていくと考えられる。本研究では、もしペアの形成が偏って行われ、人々が何度も交渉を重ねて学習をしながら行動を進化させるとすると、平等配分を実現する不完全なナッシュ均衡が漸近安定的になることを示した。このことからネットワーク化された社会においては、公平性が行動の学習の結果として長期に安定的に進化するということが明らかになった。

5 Conclusion

2章と3章の分析によりネットワーク化された市場では、ネットワークを所与とすると、戦略的取引の帰結が効率性を満たし、コア配分に含まれることがわかった。さらにもしネットワークを構築する取引費用がゼロであるならば、完備ネットワークが効率性、戦略的安定性をともに満たし、競争均衡と同様の特性を持つことがわかった。

しかし、ゼロに近くとも、厳密に正のネットワーク構築取引費用がかかる場合にはこれらの性質が満たされない。この場合、財の供給者もしくは売り手は価格を上げるために、効率的取引をするために必要最小限なリンクの数よりも、過剰なリンクを形成してしまう。よって、社会的に効率なネットワークは戦略的安定性を満たさない。このようにネットワーク化された市場

では、ネットワーク構築の取引費用までを考えると、個々人の自由な取引の帰結は効率性を満たさない。

4章では、交渉における公平行動の進化について研究した。ネットワーク化された社会では、ある個人が他の交渉相手を見つける確率は、集団に対して一様ではなく偏っていると考えられ、このようなマッチングの偏りを *Assortative matching rule* として定式化した。このルールの下では、もし人々が限定合理的で学習を通じて行動の進化が起こる場合には、サブゲーム完全合理的ではない公平な行動が進化しうることを示した。

References

- [1] Granovetter, Mark. 1985. Economic Action and Social Structure: The Problem of Embeddedness. *The American Journal of Sociology* 91, no. 3 (November): 481-510. [1](#)
- [2] Calvó-Armengol, Antoni, and Matthew O. Jackson. 2004. The Effects of Social Networks on Employment and Inequality. *The American Economic Review* 94, no. 3: 426-454. [1](#)
- [3] Furusawa, Taiji, and Hideo Konishi. 2007. Free trade networks. *Journal of International Economics* 72, no. 2 (July): 310-335. [1](#)
- [4] Goyal, Sanjeev, and Sumit Joshi. 2003. Networks of collaboration in oligopoly. *Games and Economic Behavior* 43, no. 1 (April): 57-85. [1](#)
- [5] Abdulkadiroğlu, Atila, and Tayfun Sönmez. 2003. School Choice: A Mechanism Design Approach. *The American Economic Review* 93, no. 3 (June): 729-747. [1](#)
- [6] Roth, Alvin E. 1984. The Evolution of the Labor Market for Medical Interns and Residents: A Case Study in Game Theory. *The Journal of Political Economy* 92, no. 6: 991-1016. [2](#)
- [7] Milgrom, Paul. 2004. *Putting Auction Theory to Work*. 1st ed. Cambridge University Press. [3](#)
- [8] Bernheim, B. Douglas, and Michael D. Whinston. 1986. Menu Auctions, Resource Allocation, and Economic Influence. *The Quarterly Journal of Economics* 101 (1): 1-32. [4](#)

- [9] Güth, Werner, Rolf Schmittberger and Bernd Schwarze. 1982. An experimental analysis of ultimatum bargaining. *Journal of Economic Behavior & Organization* 3 (4): 367-388. [4](#)
- [10] Gale, John, Kenneth G. Binmore, and Larry Samuelson. 1995. Learning to be imperfect: The ultimatum game. *Games and Economic Behavior* 8 (1): 56-90. [5](#)