

Title	コラボレーションにおけるメディエータの役割と相互依存関係に関する考察：ゲーム理論の視点から
Author(s)	永井, 明彦; 伊藤, 孝行
Citation	年次学術大会講演要旨集, 27: 168-173
Issue Date	2012-10-27
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/10998
Rights	本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management.
Description	一般講演要旨

コラボレーションにおけるメディエータの役割と相互依存関係に関する考察 -ゲーム理論の視点から-

○永井 明彦（名古屋工業大学 大学院）， 伊藤孝行（名古屋工業大学 大学院）

1. はじめに

これまで我が国の企業，特に大企業は，マーケティング・研究開発・生産や流通などの全ての事業活動を自社内で完結してきたが，これらの企業がグローバルな企業間競争・技術進化・市場の変化への対応を短期間で適切に行うためには，企業同士のコラボレーションによる仮想的な組織化が有効である。一方で，企業が互いに自分の利益を最大にしたいと考えて，自分の都合を優先して交渉を行うために，コラボレーションが合意できなくなってしまうことも多い。コラボレーションとは環境や状況などの異なる企業が，ある共通の目的を達成するために，互いに協力することである。本稿はメディエータ（Mediator）という概念を用いて，各々の企業（プレイヤー）の利益の総和が最大化できるコラボレーションを提案する。

2. ナッシュ均衡の課題とメディエータ

2.1 ナッシュ均衡の課題

岡田[1]によればゲーム理論はある特定の条件下において，お互いに影響を与え合う複数の主体の間で生じる戦略的な相互関係を考察する研究である。しかしゲーム理論では，各々のプレイヤーが合理的に行動するために，各々のプレイヤーにとって好ましくない戦略が結果として選択されてしまうことがある（渡辺[2]）。ゲームの概念は仮説を変えて様々な研究が多く，研究者によってなされているが，合理的なエージェントが他の合理性について考慮しなければならない点で全てが一致している。これらゲームの解概念に関する研究の中で最も有名なものがナッシュ均衡である(Aumann[3])。ナッシュ均衡は次のように表すことができる。

ゲームの集合を N とし， A_i はプレイヤー i が戦略プロファイル（戦略の組み合わせ） A から選択可能な戦略であり， u_i はプレイヤー i の効用関数を表す。このとき戦略プロファイルが $a \in A$ であれば，ナッシュ均衡である。

仮に $\forall i \in N \quad a_i \in b_i(a_{-i})$ とする。

ここでは， $b_i(a_{-i})$ は $i \in N, a_{-i} \in A_{-i}$ であるから

$$\arg \max_{a_i \in A_i} \{u_i(a_i, a_{-i})\} \text{ が成立する}$$

以上の式に基づいて，ナッシュ均衡をゲームの解概念として考えたときに，大きく 2 つの課題が存在する。1 つは，全てのプレイヤーが合理的戦略プロファイルを選択した場合にはプレイヤーの有益を保証するが，あるプレイヤーが合理的戦略プロファイルから外れた戦略を選択した場合は保証しないことである。もう 1 つが，プレイヤーが協調して戦略プロファイルから逸脱した場合を考慮していないことである。

ナッシュ均衡に見られる戦略形ゲームの「解」について，課題に対する考察はこれまで数多くなされており，安定した戦略プロファイルに関する様々なモデルが提案されている。そこで本稿はそれらの研究の中からメディエータに着目する。メディエータを概念としてゲームに用いる事によってナッシュ均衡の課題を解決（最適応答解ではなく，プレイヤーの利得合計を最大化する戦略を選択する）することが，これまでの研究によって示されている。

2.2 メディエータッド(Mediated game)とメディエータ

メディエータッドゲームは Rosenfeld et al.[4], Monderer[5][6], Tennenholz[7]によって提案された，プレイヤーに代わって戦略を実行するメディエータである（表 3）。メディエータッドゲームではメディエータが，プレイヤーに対してサービスの利用を強制できず，プレイヤーはゲームに自由に参加できる。

両方のプレイヤーがメディエータを利用する場合にだけ、メディエータは協調(Cooperation)を実行し、片方のプレイヤーしか利用しない場合は、裏切り(Defect)を実行する。メディエータードゲームでは、全てのプレイヤーがメディエータを利用することで、支配的戦略(裏切り、裏切り) (最適応答解) が、プレイヤー全体の利得合計が最大 (すなわち、全てのプレイヤーにとって支配戦略より利得が高い) の戦略(協調、協調)となる。

表 1 メディエータードゲーム(Mediated Game)

	メディエータ	協調	裏切り
メディエータ	4, 4	6, 0	1, 1
協調	0, 6	4, 4	0, 6
裏切り	1, 1	6, 0	1, 1

メディエータによるゲームは実社会におけるプレイヤーの環境 (e.g. プレイヤーの置かれている状況やプレイヤー間の関係) が厳密に考慮されている訳ではなく、仮説による制約もある。しかし、コラボレーションの交渉を考察するために、メディエータードゲームを用いることで企業間の合意形成における課題の説明が可能である。

本稿は、事例による質的データを用いてメディエータの行動がコラボレーションに及ぼす影響を考察する。筆者らが分析した半導体産業の事例では、プレイヤー (ここではユーザとサプライヤ) がコラボレーションに合意できない状況であったが、両社が信頼する半導体商社 (i.e. メディエータ) の提案によって合意形成し、コラボレーションが行われ、両社は大きな利益を獲得している。

3. 事例：メディエータードゲームを視点としたコラボレーション

アクセルは、1996年に設立されたファブレス半導体ベンチャーである。同社は創業者の佐々木譲氏が、高性能半導体製品の開発・販売を目的として設立した。同社の主力製品は、デジタル・パチンコ用の画像処理LSIである。デジタル・パチンコ (以下 デジ・パチ) とは液晶画面が搭載されたパチンコ機で、1998年以降から遊技機の主流となっている。当時遊技機産業は射幸性の高さが社会問題となっていたが、スロット動作をアニメーションにすることで生まれる「遊び感覚」を実現するデジ・パチを遊技機の主流に変えて行く事でイメージの刷新を図っていた。これによって、遊技機メーカー各社はデジ・パチのアニメーションを再生する画像LSIを重要な半導体として認識するようになっていく。

同社のデジ・パチ用画像LSIは、これまで静止画 (パラパラめくり) だったアニメーションをコンピュータ・グラフィックス (以下 CG) による動画で制作できる描画機能を持っており、この描画機能によって同画像LSIはデジ・パチのアニメーション再生用途で標準的に使用されるようになった。実際に現在では40社以上の遊技機メーカーが同社の画像LSIを採用している。

これまでパチンコ遊技機の競争力は、盤面上の「役物 (ヤクモノ)」と呼ばれる特別な入賞口や仕掛けを中心とした工夫であったが、同画像LSIがCGによるアニメーションの動画化を可能にした事によってコンテンツの制作能力が新たな競争力となっている。同社とのコラボレーションにより他社に先駆けて同画像LSIを採用した大手遊技機メーカーは、いち早くコンテンツの動画化に取り組み、ヒット製品を次々に生み出して大きな事業収益を獲得している (永井ら[8][9], Nakagawa et al.[10][11], 小平[13], Chesbrough[13])。

3.1 大手遊技機メーカーとアクセルのコラボレーションにおける課題

コラボレーションするまでの大手遊技機メーカーと半導体ベンチャー アクセルは、各々以下の課題を持っていた。具体的にアクセルは、用途市場と市場とのネットワークという課題を持っていた。

[用途市場の課題]

筑波大学の画像処理アルゴリズムを実用化したコア技術を活かして、参入できる用途市場がわからない。

[市場とのネットワークの課題]

アクセルは半導体市場の多くの用途市場でリーダ的存在のユーザ企業とのネットワークがないため、どの市場に関しても製品知識がなく、またニーズも知らない。

また、大手遊技機メーカーは、デジ・パチのアニメーションを静止画から動画に置き換える技術と LSI の開発資金という2つの課題を持っていた。

[アニメーションを動画にできる LSI の課題]

デジ・パチがパチンコ遊技機の主流となる事で、これまでの盤面上の特別な入賞口や仕掛けを中心とした工夫以外にアニメーションを豊かに表現するという新しい技術が必要となってきた。デジ・パチのアニメーションを静止画から CG による動画にして、表現力の豊かなアニメーションを制作したい。

[LSI 開発資金の課題]

LSI を開発するためには、LSI を設計するために必要な費用（主に人件費）の他に、生産を請け負う半導体メーカーで設計データを生産用データに変換するための費用が必要であり、各々数千万単位である。合計すれば 1 億円を超える金額になることも珍しくない。画像処理 LSI は比較的設計規模が大きいために、1 億円以上の開発費（以上 2 つの費用を合計した金額）が必要となったが、大手遊技機メーカーの事業規模ではその費用を負担してカスタム画像 LSI を開発するのはむずかしい。

半導体商社（メディエータと仮定する）は、両社からの信頼を得ており両社の課題を知っているが、両社同士はお互いのことをあまり良く知らず、従って相手がどのような課題を抱えているのかを知らない。半導体商社は、アクセルの技術がデジ・パチ用画像に有効であると考えて、両社にコラボレーションとそれによるデジ・パチ用画像 LSI の開発を提案した。

3.2 メディエータによるコラボレーションの実現

両社が半導体からの提案を受け入れ、デジ・パチ用画像 LSI をコラボレーションして開発すれば、各々の課題を解決できる。しかし、コラボレーションするためには各々にリスクが存在する。アクセルのリスクは、開発資金負担と最低必要数量の不足である。

[開発資金負担リスク]

開発したデジ・パチ用画像 LSI を製品として販売するためには、生産を請け負う半導体メーカー（ファウンドリーメーカーという）に設計データを生産データに変換する費用（数千万単位）を支払う必要がある。アクセルにとってこのような大きな資金を調達し、それを負担するのは大きなリスクである。

[最低必要数量の不足リスク]

デジ・パチ用画像 LSI を開発できても、大手遊技機メーカーの購入数量はアクセルの事業が成り立つために必要な数量ボリュームではない。従って、事業で必要な数量の差分を市場で販売する必要がある。しかし、アクセルは他の遊技機メーカーとのネットワークを持っていないため、販売できたとしても時間が必要であり、それまでは在庫となりアクセルの経営を大きく圧迫する。

また、大手遊技機メーカーのリスクは、開発リスクと製品リスクである。

[開発リスク]

アクセルは小規模の半導体ベンチャーなので、それほど多くの設計者を保有している訳ではない。従って、デジ・パチ用画像 LSI の設計規模が大きくなれば、設計者への負担も大きくなり開発期間を大幅に遅らせ、最悪の場合は開発する事ができない可能性もある。そのような事態に陥った場合、折角動画アニメーションを CG で制作しても、デジ・パチで使うことができないことになり、また再度アニメーションを静止画で制作する必要が生まれる。

[製品リスク]

最も大きな懸念は、市場でトラブルが発生したときである。アクセルのような半導体ベンチャーでは市場への迅速なリカバリー対応が期待できない。パチンコ遊技機では市場不良が発生すれば、ホール（パチンコ遊技機場）での交換作業の対応に追われることになるが、アクセルにそのようなことが対応できるとは考えられない。費用や対応は全て大手遊技機メーカーが負担することになる。

以上を考えたとき、アクセルはコラボレーションによって 2 つの課題のうち、市場の課題を解決して事業機会を得ることができる。しかし、事業を進めるための事業資金を調達できても、アクセル自身の大きなリスクとなる。また、大手遊技機メーカー 1 社の消費量だけでは、デジ・パチ用画像 LSI の事業に必要な最低数量を満たす事ができないため、他の遊技機メーカーに販路を見出す必要があるが、直ぐに販売できることは期待できず、また販売するための販売ルートももっていない。従って、アクセルの合理的な解は「コラボレーショ

ン」しない、すなわちデジ・パチ用画像 LSI を製品として開発しないことである。(カスタム LSI として開発する場合は、大手遊技機メーカーが開発費用・数量ともに保証するので成立するが、そもそも大手遊技機メーカーはカスタム画像 LSI の開発資金を課題の 1 つとしているため、この選択肢はありえない)。

次に大手遊技機メーカーの選択を考えると、同社はコラボレーションによって自社が開発費用を負担する事なく(一部の負担は可能性としてあるにしても)、デジ・パチ用画像 LSI を入手できるため、動画アニメーションを CG で制作できる、すなわち、アニメーションを動画にできる画像 LSI の入手という課題と LSI の開発費用が負担できないという 2 つの課題を解決することができる。しかし、小規模な半導体ベンチャーのアクセルにデジ・パチ用画像 LSI の開発を任せるのは開発リスクが大きく、開発が遅れたり、開発できない可能性がある。また、同 LSI の不具合によって市場で発生したトラブルへの対応や費用の負担ができないこともリスクである。さらに同 LSI はライバル企業も使用できるという問題もある。従って、大手遊技機メーカーの合理的な解は「コラボレーション」しない、すなわちアクセルとコラボレーションしてデジ・パチ用画像 LSI を開発しない事である。

次に両社がコラボレーションしたときの便益を考える。コラボレーションによってアクセルが得る便益は、事業機会と参入市場を獲得する事である。

[コア技術の事業機会と参入市場の獲得]

筑波大学のアルゴリズムを実用化した同社のコア技術の応用市場として、デジ・パチ市場に参入できる。デジ・パチの市場規模は 400 万台/年間と非常に大きい市場であり、数多くの遊技機メーカーが使用すれば、大きな利益を得ることができる。また、遊技機市場は大手半導体メーカーが参入していない(賭博産業なので、参入を控えている)ニッチ市場であるため、大手半導体メーカーとの競合が避けられる。

コラボレーションによって大手遊技機メーカーが得る便益は、CG を可能にする画像 LSI の獲得と開発費用及び引き取り責任の回避である。

[CG による動画アニメーションの実現]

デジ・パチで、動画アニメーションを再生できる画像 LSI を獲得できるため、これまで課題となっていたデジ・パチの表現力が豊かになる。

[開発費用を負担しなくても良い]

アクセルが自社の製品として開発するため、カスタム LSI であれば同社が負担しなければならない開発費用を負担しなくて良い(アクセルへの支援として、一部の費用負担は発生する可能性はある)。

[必要な数量を購入すれば良い]

カスタム LSI ではないので、必要な数量だけ購入すれば良く、また LSI の引き取り責任も発生しない。

事例では半導体商社が(信頼できる)メディエータゲームのメディエータとしての役割を果たし、大手遊技機メーカーとアクセルに両社のリスクが軽減及び分担できる協調(コラボレーション)を提案し、両社がそれに合意した。

半導体商社はアクセルのリスクを解決するために、最初に大手遊技機メーカーと同社で開発資金を分担することを提案した。また、同社の持つ販売ネットワークを利用すれば、他の遊技機メーカーへ販売できることを示して販売契約をアクセルと結び、事業に必要な数量に引き取ること(販売できなければ半導体商社の負担となる)を約束した。

また、大手遊技機メーカーのリスクを軽減するために、LSI は半導体商社とアクセルの技術者が大手遊技機メーカーに駐在して設計作業を行い、デジ・パチの評価試験を一緒に実施して少しでも不具合が発生しないようにした。このような提案によって、アクセルと大手遊技機メーカーは合理的に判断すればコラボレーションができない状況であったが、リスクを軽減・分担できたためコラボレーションを行った。

このコラボレーションによって、アクセルはデジ・パチ用画像 LSI を 2010 年には 262 万個販売した。また、大手遊技機メーカーも他の遊技機メーカーに先駆けて動画アニメーションのデジ・パチを販売し、大きな利益を獲得している。

5. ユーザとサプライヤのゲーム

表 2 は事例の半導体商社(メディエータ)を利用するコラボレーションを表したものである。

事例では半導体商社によってマッチングされた両社はお互いのことを良く知らず、信頼関係があるわけではない。したがって、合理的に考えればリスクを伴うコラボレーションには合意できない。画像 LSI を開

発しないので、両社は現状のビジネスを継続する(D, D)。

両社が信頼できる半導体商社を使用した場合は、半導体商社が両社のリスクを軽減及び負担するために両社のリスクが減少し、さらにコラボレーションを行うことで得ることができる利益を提案するので、両社はコラボレーションに同意することができる(A, A)。(両社の利益の合計が最大化する戦略)

両社がコラボレーションを行うことができれば、半導体ベンチャーは画像 LSI によって利益を得るが、開発資金の償却が必要となる。大手遊技機メーカーは CG のデジ・パチを開発することで利益を得るが、ライバル企業も同様のデジ・パチが開発できるというマイナス面がある。本選択は各々にとって最大利益(payoff)を得る戦略ではないが、両社の利益合計は最大化する。

半導体ベンチャーがコラボレーションに同意し大手遊技機メーカーが同意しなかった場合は、アクセルは画像 LSI を開発できないが、大手遊技機メーカーは他の半導体企業にアクセルの CG の実現技術を情報として提供し、カスタムとして開発するので画像 LSI を独占できる(B, C)。(大手遊技機メーカーは最大利益を得る)

大手遊技機メーカーがコラボレーションに同意し半導体ベンチャーが同意しなかった場合は、半導体ベンチャーは数量規模の大きな別の遊技機メーカーへ CG を実現する画像 LSI を提案し、カスタムとして開発して利益を得るが、大手遊技機メーカーは画像 LSI を入手できない(C, B)。(半導体ベンチャーは最大利益を得る)

両社が信頼できる半導体商社を使用した場合は、半導体商社は両社にコラボレーションを提案する(A, A)。コラボレーションには両社のリスクが伴うが、半導体商社はそれを分担・軽減する提案を行うので、両社が納得する。

片方の企業が半導体商社を利用しない場合半導体商社はコラボレーションをしないことを推奨する。

アクセルが使用しない場合は、大手遊技機メーカーにコラボレーションを同意させず、別の技術によって実現ができる半導体ベンチャーとのコラボレーションを大手遊技機に提案する(B, C)。

大手遊技機メーカーが使用しない場合は、アクセルにコラボレーションを同意させず、別の遊技機メーカーとのコラボレーションをアクセルに提案する(C, B)。

表 2 信頼できる半導体商社を利用するコラボレーション

戦略	半導体商社	コラボレーションする	コラボレーションしない
半導体商社	A, A	C, B	D, D
コラボレーションする	B, C	A, A	B, C
コラボレーションしない	D, D	C, B	D, D

コラボレーション（例えば共同開発）における行動を観察し、その一般化を行う事は企業間の課題やリスクが企業行動に及ぼす影響を明確にでき、企業がコラボレーションを進めて行く上で有効であると考えられる。社会における企業は多くの企業や市場と繋がっており、その関係も多様で全てが信頼関係を保っている訳ではない。メディアータは多くの企業や市場との信頼関係を能力として保有している組織であり、メディアータを利用してコラボレーションが行われる事で、合理的ではないが対象となる企業にとっては出来るだけ有益な選択を実行できる（Nakagawa et al.[14][15][16][17], Mori et al.[18]）。

6. まとめ

企業間に信頼関係があれば、コラボレーションを行える確率が高いが、全く知らない企業同士の場合は、信頼関係がないので合理的な判断がなされ、リスクの伴うコラボレーションは行われない。しかし、両者が信頼するメディアータを利用すればコラボレーションできる可能性がある。

メディアータが各々のプレイヤに伴うリスクを軽減または分担できる提案を行う事によって、コラボレーションが可能となる。

参考文献

- [1]岡田章, "ゲーム理論," 有斐閣(1996)
- [2]渡辺隆裕, "ゼミナールゲーム理論," 日本経済新聞社(2008)
- [3]R.J.Aumann, "Lecture on game theory," Westview Press, Inc, 1989, 丸山徹 (訳), 立石寛 (訳) "ゲーム理論の基礎," 勁草書房(1991)
- [4]O.Rosenfeld and M.Tennenholz, "Routing Mediators", In proceedings of International Joint Conferences on Artificial Intelligence, pp 1488-1496(2007)
- [5]D.Monderer and M.Tennenholz, "k-Implementation", Journal of Artificial Intelligence Research, 21, pp 37-62(2004)
- [6]D.Monderer and M.Tennenholz, "Strong Mediated Equilibrium", In proceedings of AAAI-06(2006)
- [7]M.Tennenholz, "Game-theoretic recommendation: some progress in an uphill battle", In proceedings of 7th International Conferences on Autonomous agents and multiagent system, Vol.1, pp 10-16(2008)
- [8]永井明彦, 田辺孝二, "戦略情報の共有・活用による共同イノベーション-ASSP 型システム LSI 開発の事例-, " 日本開発工学会, 開発工学, Vol. 30(2), pp. 133-142(2011)
- [9]永井明彦, 田辺孝二, "市場の技術を繋ぐ半導体商社のイネーブラー機能," 産学連携学会, 産学連携学, Vol. 6(1), pp. 23-33(2009)
- [10]A.Nagai, H.Nakagawa, T.Ito, "Re-examination of Market Strategies of Fabless Semiconductor Companies in Japan," In proceedings of 2012 IEEE International Conference on Management of Information and Technology, Snur Bali, Indonesia(2012).
- [11]A.Nagai, H.Nakagawa, T.Ito, "Market Strategies of fables Semiconductor Companies in Japan," In the proceedings of Portland International Center for Management of Engineering and Technology, Vancouver, Canada(2012).
- [12]小平和一朗, "市場創世におけるエンジニア・ブランドの役割: 技術と市場の融合化," 開発工学, Vol.25(1), pp.27-39(2005).
- [13]H.W.Chesbrough, "Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology," Harvard Business School Press(2003), 大前恵一朗(訳), OPEN INNOVATION:ハーバード流 イノベーション戦略のすべて, 産業能率大学出版部(2004).
- [14]H.Nakagawa, A.Nagai, T.Ito, "A Middle-Agent Framework Focused on the Role of Distributors," Information Processing Society of Japan, $\text{\textit{Electronic Preprint for Journal of Information Processing}}$, Vol.20(3)(2012)
- [15]H.Nakagawa, A.Nagai, T.Ito, "A Framework for Collaborative Business Development based on Middle Agent Model," In the proceedings of The 25th International Conference on Industrial, Engineering & Other Applications of Applied Intelligent Systems 2012 (IEA/AIE2012), Dalian, China(2012).
- [16]H.Nakagawa, A.Nagai, T.Ito, "Effectiveness of Middle Mediator Model," In the proceedings of Portland International Center for Management of Engineering and Technology, Vancouver, Canada(2012).
- [17]H.Nakagawa, A.Nagai, T.Ito, "A Middle-Agent Framework Focused on the Role of Distributors," Information Processing Society of Japan, $\text{\textit{Electronic Preprint for Journal of Information Processing}}$, Vol.20(3)(2012)
- [18]J. Mori, Y. Kajikawa, H. Kashima, "Finding Business Partners and Building Reciprocal Relationships: A Machine Learning Approach," In the proceedings of IEEE International Technology Management Conference(2011).