

Title	ミドルエージェント媒介によるマッチング及び合意形成の有効性に関するシミュレーション検証
Author(s)	中川, 裕揮; 永井, 明彦; 伊藤, 孝行
Citation	年次学術大会講演要旨集, 26: 112-117
Issue Date	2011-10-15
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/10082">http://hdl.handle.net/10119/10082</a>
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

# 1 G O 4

## ミドルエージェント媒介によるマッチング及び合意形成の有効性に関するシミュレーション検証

中川 裕揮 (名古屋工業大学大学院) ○永井 明彦 (東京工業大学大学院)  
伊藤 孝行 (名古屋工業大学大学院)

### 1. はじめに

企業にとって提携や協働は、次の3つの利点があるため、新事業や製品開発を進める上での有効な手段である[1]。3つの利点とは、(1) 技術・知識・情報・資金・ネットワークなどの資源補完、(2) 市場ニーズの獲得、(3) イノベーション技術を生み出す(可能性がある)、である。一方で、提携や協働は、合意交渉の難しさが大きな課題としてある。

具体的に半導体産業では、半導体企業が特定用途向けシステム LSI (ASSP: Application Specific Standard Product) を顧客企業と協働で開発することは、市場のニーズとマッチした機能や新たな技術を生み出すことができる点で有効な開発手法である。しかし、両者は事業での期待や各々の事業に密接に関連する複数の論点で多くの差があるために、合意形成にはこれらを解決することが必要である。すなわち、マネジメントが協働の成否を決定する[2]。

そこで本稿は、複数組織間の提携・協働における合意形成マネジメントに着目する。実際に社会における企業間取引は、多くが1対1の取引である。複数企業間の提携・協働における合意形成を促進することは、複数の企業による新たな価値の創出とその分配(Creating and Claiming Value)を実現できる。

このような課題解決では、ミドルエージェントモデル [3], [4] を用いたフレームワークが有効である。本モデルは、ミドルエージェントが単なるマッチングや調整行為だけに留まらず、事業の推進やイノベーションを促進するマネジメントを実行する。本稿は、これまで定量的な観察が難しかった提携・協働の効果や影響をシミュレーションによって分析する。

### 2. 専用画像LSIを協働で開発した事例

事例は、遊技機メーカーB社、半導体ベンチャーと半導体商社による画像 LSI 開発である。画像LSIが協働で開発された1998年当時の外部環境及び各々の内部環境を示す。

#### 2.1 遊技機メーカーB社と画像LSI

1998年当時の遊技機市場は、液晶画面が搭載されたデジタルパチンコ(以下 液晶付デジパチ)・パチンコスロット(以下 パチスロ)が主流に移行してきた時期である。これは液晶付きデジパチ・パチスロが、これまでの遊技機にはなかった「遊び感覚」という新しい遊戯性を顧客に提供したことで、多くの女性客を新たに顧客として獲得したことが要因である。画像LSIは、「遊び感覚」をより高く実現するために重要な要素として市場で注目されるようになった。

事例は、遊技機メーカーB社、半導体ベンチャーと半導体商社による画像 LSI 開発である。

B社は当初専用画像 LSI (カスタム LSI) の開発を検討していたが、後に白紙となった。ASSPIはその代替案として開発が行われ、B社は画像LSIの必要性から協働に参加した。

#### 2.2 半導体ベンチャーアクセルと画像 LSI

アクセルは、1996年に設立されたファブレスベンチャーである。同社は創業者の佐々木譲氏が、高機能半導体製品の開発・販売を目的として設立した。同社の主力製品である画像LSIは、現在40社以上の遊技機メーカーが採用している。3世代目となるAG-3は、遊技機市場の標準的な画像LSIである。同社は本LSIの成功によって東証一部への上場を果たした。

アクセルが遊技機市場向けの画像LSI製品開発したのは、次の4つの理由である。第一は、画像 LSI の市場規模が大きく見込めることである。第二は、高機能・高性能化が進むことで、製品価格が高くなるこ

とである。第三は、市場に専用画像LSIがなかったことである。第四は、半導体メーカーが遊技機市場に消極的だったことである。

### 3. 合意形成できない理由

B社とアクセルは、次の2つの差によって画像LSIの開発を進めることができなかった。

#### 3.1 必要最低数量の差

事例では、両者の必要最低数量に差が発生したため、それが要因となって合意形成を阻害した。

B社が提示した必要最低数量は、最初の年は多くてもせいぜい5万個である。

アクセルの必要最低数量は、富士通が生産の引き受け条件として提示した年間30万個である。必要最低数量を比較すると、25万個の差が発生してしまう。

B社だけの需要では、アクセルの必要最低数量を上回ることが出来ない。

#### 3.2 期待機能の差が合意形成をできなくする

次に、期待機能について考えてみる。「機能」は実現の必要性から次の3つに分類することができる。すなわち、(1) must have(なくてはならない)、(2) nice to have(なくても構わない)、(3) specific(他では望んでいない)である。must haveは、画像LSIに必須の機能である。nice to haveは、ニーズとしては存在するが、必須ではない機能である。Specificは、特定のな要求機能である。

事例では、B社が考えている全ての「機能」を要望したが、must haveだけを実現したいアクセルほどの要望機能がmust haveなのかわからなかった。このためASSPの製品機能を特定できないかった。

両者は必要最低数量及び、期待機能の差が埋まらなければ、ASSPの製品開発を進められない。

これは、両者にとってマイナスな結果である。すなわち、アクセルは画像LSIのビジネスを実現できない、またB社は画像LSIを入手することができない。

## 4 ミドルエージェントによるマネジメントが合意形成を成立させる

### 4.1 半導体商社のマネジメント

事例で発生していた、必要最低数量及び期待機能の差を解消したA社のマネジメントをまとめる。

必要最低数量は、B社以外に販売できると考え、30万個購入(B社購入分を含む)をアクセルに約束した(供給サイドと需要サイドの必要最低数量の差の解消)。

期待機能の差は、遊技機メーカー20社への機能調査を実施し、必須機能 must have を特定した。B社は実現できない機能が発生したが、画像LSIの開発が実現するため納得した(要求機能を調整して差を解消)。

## 5. 製品開発における取引のモデル

### 5.1 製品を扱う市場

メーカー  $s$ 、ユーザー  $b$ 、そして商社  $d$  が共同となって製品  $g$  を開発し取引を行う市場を想定する。製品は文献[3]での商品と同様に二者間で取引されるが、商品は初メーカーら存在し取引されるものではない。メーカーとの交渉の結果としてメーカーによって生み出されるものである。交渉では製品に搭載する機能を決めていく。まったく同じ製品が流通するわけではない。半導体の事例を挙げると製品は画像LSIで、機能は画像処理のための機構となる。LSIは5mm角の理想限界を超えると不良品率が急速に高くなるため、機能を実現するIPコアは理想限界内に収まるように設計する必要がある。このため製品には物理的にも価格的にも全ての機能をもたせることはできない制約がある。例えば、搭載可能な最大機能数が3だった場合、製品  $g$  は機能  $f \in F$  を用いて  $g = (f_1, f_2, f_3)$  となる。製品に搭載可能な機能はメーカー、ユーザー、商社によって決定される。

### 5.2 エージェント

メーカーは製品をユーザーに販売する。メーカーは製品に載せる機能を開発する技術をもっているが、各々が開発可能な機能は異なる。また実現できる機能と、機能に対する売却価格の情報を戦略情報とし

て保有している。この価格はコスト  $c(f)$  と付加する利益  $P_s(f)$  の和で表される。メーカーが製品  $g$  から得られる効用、すなわち利益  $u_s(g)$  は、製品を販売した利益（製品付加機能の利益）となる(1)。

$$u_s(g) = P_s(g) \quad (1)$$

ユーザーは製品をメーカーから購入する。ユーザーは要望する機能と機能に対する評価値  $v_b$  を戦略情報として保有している。また必要最大数量の制約があり、それを超えて購入しない。ユーザーが製品  $g$  から得られる効用  $u_b(g)$  は製品に対する評価値と売却価格の差である(2)。

$$u_b(g) = u_s(g) - c(g) - P_s(g) \quad (2)$$

商社はメーカー及びユーザーの両面の役割を果たす。商社は、メーカーから製品を仕入れ（購入する）、ユーザーに販売する。メーカーとユーザーを仲介し、一連の取引を成立させる役割をもつ。そのために、両者の戦略情報を集める。メーカーからは技術情報（機能の実現技術）を、ユーザーからはニーズ情報（必要機能）を収集する。メーカーとユーザーによる直接交渉では、各々が戦略情報を公開しない性質がある。これは、戦略情報の提供によって、交渉が相手に有利になるからである。しかし、商社が仲介する交渉の場合は、両者が戦略情報を商社に公開しても、商社が利益を得るわけではない。商社は、交渉が成立して初めて利益を得るために、戦略情報が獲得できる。商社は、技術情報とニーズ情報に基づいて、製品の機能、数量で合意を得るための支援を行う。例えば機能に関しては、両者をマッチさせて相互に利益となるように機能を共に検討する。またメーカーの必要最低数量がユーザーの必要最大数量より大きくなり合意が得られない問題が発生すれば、別のユーザーにも製品を販売することで必要最低数量の条件をクリアする。商社はメーカーが提示した売却価格に利益を上乗せし、ユーザーに販売する(3)。

$$u_d(g) = m_d(g) \quad (3)$$

各エージェントが得る効用は、製品を  $q$  個販売したときに  $uq$  となる。

### 5.3 取引プロセス

市場におけるメーカー、ユーザー、商社の行動を説明するために、互いに異なる主体間で交渉が起こるとして3パターンのインタラクションを見ていく。

#### (1) メーカーとユーザー

最初にユーザーが直接メーカーと交渉し製品の仕様を決め取引ケースを想定する。ユーザーは全ての各機能に対して評価値  $v_b$  をもっている。 $v_b$  が高いほど機能に対する要望が高いことを示す。仮に  $v_b$  が "0" であればユーザーが要望していない機能である。 $v_b$  に基づき、ユーザーは要望機能を保有する製品をメーカーに提案する。メーカーも、提案された製品の売却価格を提示する。売却価格は、開発する製品に載せられる各機能の開発コスト  $c$  と、メーカーの利益  $p$  の和で表される。提示された売却価格よりもユーザーの評価値が大きい場合に、メーカーの必要最低数量  $q_s$  とユーザーの必要最大数量  $q_b$  に依存する確率  $p(q_s, q_b)$  で、ユーザーは製品を購入するので取引は成立する。

#### (2) メーカーと商社

次に、商社とメーカーのケースを考える。メーカーは商社に戦略情報を提供する。メーカーの戦略情報は、機能実現技術と必要最低数量である。この情報をメーカーが提供することで、商社が両者の交渉を仲介する場合に、メーカーに有益な取引交渉を行ってくれる。第三者としての性質を持つ商社は、メーカーとユーザー間の取引を成功させることで利潤を得る。

#### (3) ユーザーと商社

最後に、商社とユーザーのケースを考える。ユーザーにとって商社は、メーカーと同様の働きをする。具体的に、ユーザーは開発する製品の提案を行うが、メーカーではなく商社に提案する。商社はユーザーのニーズ情報とメーカーの技術情報（各機能の売却価格）から、取引相手に適したメーカーを選択する。その上で、どのような機能を保有する製品に価値があるのか提案する。選択されたメーカーは、提案された

製品の機能に基づいて、売却価格を商社に提示する。商社は売却価格にマージンを加えて、ユーザーに提示する。ユーザーの評価値が商社に提示された値より大きければ、確率  $p(q_s, q_b)$  で取引は成立する。

## 6. 商社の製品機能提案

商社はユーザーの要望を聴き、メーカーの技術によって解決を図る上で製品の機能について提案する重要な役割を担っている。商社の製品の提案戦略によって合意の成功数やそれぞれのエージェントが得る効用値に影響してくると考えられる。一方で仲介する対象ユーザーの要望にそのまま応えるような機能をユーザーに提案する戦略をとる商社も存在する。

A) 一般ニーズ戦略: 商社は一般需要を考慮し、保有するユーザーのニーズ情報を利用し、各ユーザーの評価値の和が最大となるような機能つまり”must have”な機能の組み合わせを探し製品  $g_a$  を提案する。

$$g_a = \operatorname{argmax}_g \sum_b v_b(g) \quad (4)$$

B) 顧客ニーズ戦略: ユーザーの評価値を最大化する機能の組み合わせを探し製品  $g_b$  を提案する。

$$g_b = \operatorname{argmax}_g v_b(g) \quad (5)$$

C) 利己主義戦略: 商社はマージンが最大となる機能の組み合わせを探し製品  $g_c$  を提案する。

$$g_c = \operatorname{argmax}_g v_b(g) \quad (6)$$

D) 利他主義戦略: メーカーとユーザー（交渉のペア）の効用値の和が最大となる機能の組み合わせを探し製品  $g_d$  を提案する。

$$\begin{aligned} g_d &= \operatorname{argmax}_g \{u_s(g) + u_b(g)\} \\ &= \operatorname{argmax}_g [v_b(g) - \{c(g) + p_s(g)\} - p_s(g)] \\ &= \operatorname{argmax}_g (v_b(g) - c(g)) \end{aligned} \quad (7)$$

## 7. 評価実験

### 7.1 実験設定

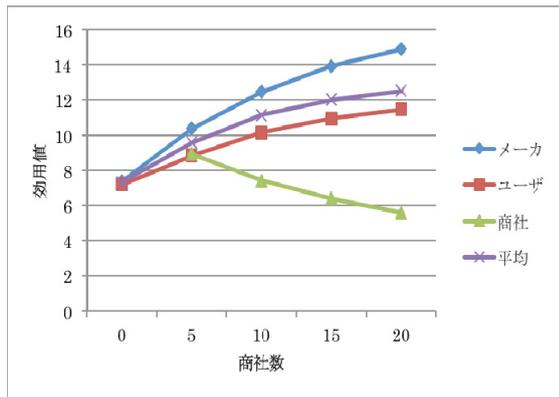
メーカー  $s$ , ユーザー  $b$ , そして商社  $d$  が製品  $g$  を開発し取引するモデルに基づきシミュレーション実験を行い、ミドルエージェント（商社）が与える影響を調べ、得られた結果の考察を行う。シミュレーションでは（総エージェント数  $\times$  100）回、ランダムにエージェントはペアを作り取引を行う。ペアは互いに異なる種類のエージェントで構成される。例えば、メーカーとメーカーでペアをつくることはない。実験は1,000回の試行を行い、結果は平均値を示す。固定のパラメータは、メーカー数:100, ユーザー数:100, 機能種類数:20, 製品が保有可能な機能数:3, メーカーが実装可能な機能数:5, ユーザーが希望する機能数:5。商社は一般需要が高い製品を提案する戦略をとる。そして最も安く製品を開発できるメーカーをメーカーの情報から探し取引を仲介する。

### 7.2 実験結果

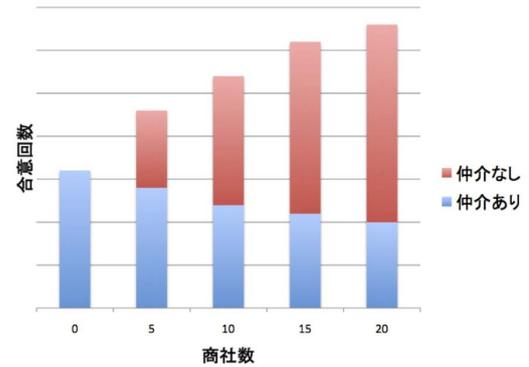
#### (1) 商社が取引に入ることによる影響

図1は製品取引によって得られた各エージェントの効用値を、商社数を変えて示している。横軸が商社数を表し、縦軸が効用値を表している。商社が入る場合の方が、商社が入らない場合に比べてメーカー、ユーザーの得た効用値は高い。商社数の増加に従ってメーカー、ユーザーの効用値は増加していく。しかし、商社数が増加すると商社の効用値は減少している。一方でメーカー、ユーザーの効用値の増加率の方が商社の効用値の減少率より大きいので、エージェントの平均効用値としては増加している。

商社は取引全体としての利益を上昇させる働きをした。商社自身の効用値が商社数の増加によって低下するのは、商社間で競合したものと考えられる。



(図1) 商社数ごとの各エージェントの効用値



(図2) 商社数ごとの合意形成成功回数

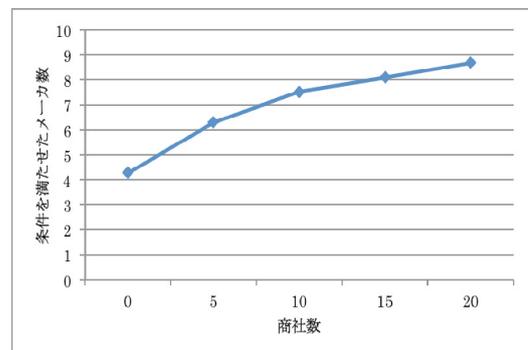
図2は全体での合意回数(取引成立回数)を, 商社数を変えて示している。商社が入らない場合よりも商社が入る方が, 合意回数も多く商社数が増えると合意回数も増加しているのがわかる。商社が入らない場合よりも商社が入る方が, 合意回数も多く商社数が増えると合意回数も増加しているのがわかる。商社が仲介せずにメーカーとユーザーが直接交渉した場合, 合意の回数は商社数の増加とともに減少する。

## (2) 機能に関する検証

表1は交渉のケースの違いで, 交渉の成立によって製品が保有する機能の一般性を示す表である。製品の一般性はその製品が保有する機能に対する全ユーザーの評価値の和として求められる。メーカー, ユーザーが直接交渉する場合と比較し, 商社が仲介した場合の製品は一般性が高い。一般性が高い, "must have" な機能を保有する製品は, 販路を広げて多くのメーカーと取引できることを意味する。

(表1) 製品機能の一般性

交渉のケース	機能一般性
メーカー, ユーザーによる直接交渉	3.92
商社による仲介	4.09



(図3) 必要最小数量条件を満たしたメーカー数

## (3) 数量に関する検証

図3はメーカーが製品の生産に必要な数である必要最低数量を超えた取引ができたメーカー数を示している。横軸は商社数で, 縦軸は条件を満たすことができたメーカー数である。商社が仲介した交渉のほうがメーカーの必要最低数量条件を満たせている件数が多い。商社による販路拡大が有効に働いている。

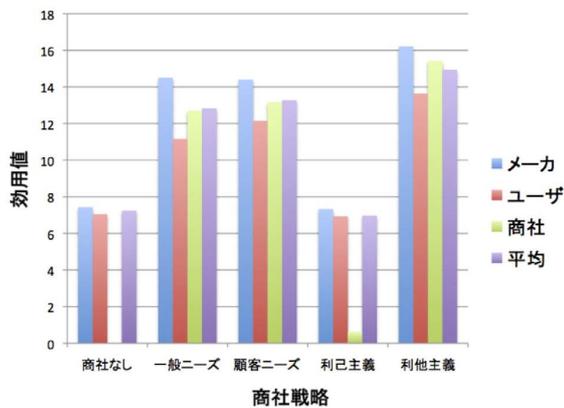
## (4) 商社の戦略に関する検証

商社は仲介の重要な役割のひとつとして集めたメーカーの情報, ユーザーの情報をもとに製品に載せる機能の提案を行う。ここではどのような機能提案の戦略が商社にとってよいか, 全体としてよいか, またそれぞれの戦略がどのような性質をもっているか調べるためのシミュレーションを行う。比較対象として商社が入る場合と入らない場合の結果も示す。実験の設定として商社数は5に固定して行い, 他のパラメータは先の実験と同じ値を用いる。ここでの戦略は, A: 一般ニーズ戦略, B: 顧客: ニーズ戦略, C: 利己主義戦略, D: 利他主義戦略の4つである。

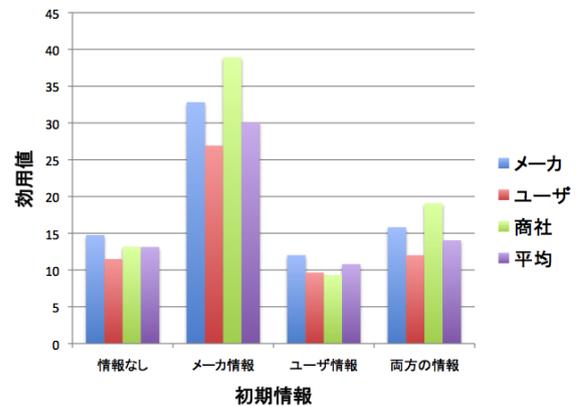
戦略Aと戦略Bの結果を比較すると, 戦略Aをとる商社は, 販路を広げようと多くのユーザーの要望を重視するため当初の取引相手となったユーザーの希望は考慮されなくなる。このため, メーカーの効用値は高いが, ユーザーの効用値は低い。戦略Bをとる商社は当初からの取引相手であるユーザーの希望しか

重視しないため、製品提案に” specific” な機能が含まれる可能性が高まり販路は縮小する。このため、メーカーの効用値は若干低くなるが、ユーザーの効用値は高くなる。

戦略Cは、商社が利己的に行動する結果メーカーとユーザーをマッチングする働きを失い、合意形成ができないため、全体の効用値は低下する。商社が入らない場合と同様の結果となる。一方で、商社が自身の利益を考慮せずにメーカーとユーザーの利益を重視すると合意形成が容易になり商社自身の効用値も大きくなる結果となる。以上の結果を示したものが図4である。



(図4) 商社の製品提案戦略毎のエージェントの効用値



(図5) 初期情報を変えたときのエージェントの効用値

#### (5) 商社に与える情報に関する検証

商社が収集するメーカーの技術情報、ユーザーのニーズ情報が交渉にどう影響を及ぼすか調べる。メーカーやユーザーの情報は商社が取引によって集めてくるものであるが、本実験では情報の獲得量、種類による影響を調べるため商社に初期情報として全メーカーの情報や全ユーザーの情報を与える。図5は商社に与える初期情報を変えた場合の各エージェントの得る効用値を示したものである。メーカー、ユーザー両方の情報を最初から保有している方が取引相手とのマッチングが容易であり、各エージェントの効用値は上がるように考えられるが、実際はメーカーの情報だけを保有する方が効用値は高い。図4の実験では商社が仲介し、販路を広げることで合意の成功回数が増加していることがわかる。これは、販路を広げることで取引一回あたりの平均利益を減らしていることが要因であると考えられる。すなわち、ユーザー情報を利用して製品を多くのユーザーに販売することによって、将来そのユーザーに合った適切な製品を販売する機会を失ってしまう場合があるため、結果として全体の効用が下がってしまう。

#### 8. まとめ

本稿では提携や協働における合意形成の難しさを解決するアプローチとして、ミドルエージェントに着目した。具体的にASSPの開発事例を基に、半導体商社をミドルエージェントとした場合を、A：一般ニーズ戦略、B：顧客ニーズ戦略、C：利己主義戦略、D：利他主義戦略の4つの戦略で、シミュレーションを実施した。結果、エージェントが利他的に行動するという条件下において、(1) 合意形成を促進する、(2) 各エージェントの効用の増加する、という2つの結果が得られた。

#### ◆参考文献◆

- [1]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)第30巻2号pp133-142(2011)
- [2]永井明彦, 田辺孝二, ” 市場と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)第6巻1号pp9-14(2009.)
- [3]Itai, Yarom, Jeffrey, S, Rosenschein, Claudia, V, Goldman, ” The Role of Middle-Agents in Electronic Commerce ”, IEEE Intelligent Systems archive Volume 18 Issue 6, p15-21(2003)
- [4]Amy, R, Greenwald and Jeffrey, O, Kephart, ” Shopbots and Pricebots ”, Proceedings of IJCAI ' 99 (International Joint Conferences on Artificial Intelligence) (1999)