

# サプライチェーンネットワークにおける 業者選択と利益最大化モデル

松丸 正延\* 中島 健一\*

## Supplier selection in supply chain network

Masanobu MATSUMARU\* Kenichi NAKASHIMA\*

### 1. 緒言

供給業者—製造業者—卸売業者（物流業者）—小売業者—顧客（需要市場）の段階的サプライチェーンモデルにおいて、各段階の業者は1企業だけである一本のサプライチェーンはコストを低減させ、利益を拡大するのに優れているとして多くの企業では用いられている。サプライチェーンの各段階の業者を1企業とすることで、大量受注・大量納品が可能になり、割引によりコストを低減することが出来、利益を拡大することが出来るからである。しかしながら、各段階1企業のサプライチェーンは、コストと利益面で優位性を持つ半面、その経路の一部が寸断してしまうと、チェーン全体の流れが止まり多大な損失が発生してしまうことが考えられる。例えば1995年1月17日におきた阪神・淡路大震災ではトヨタ自動車をはじめ多くの生産ラインがストップしてしまった。また2007年7月16日に発生した新潟県中越沖地震で被災した自動車部品メーカー「リケン」の柏崎事業所が操業停止したため、この部品を使用している主要自動車メーカーの全8社が、全部または一部の生産停止の事態に拡大した。今年の3月11日に生じた東日本大震災でもサプライチェーンの寸断によって、生産がストップしてしまった。このように各段階の製造業が1企業であるサプライチェーンは、コストと利益面では優れているものの、生産ラインがストップしてしまうというリスクも持ち合わせている。したがって各段階で1企業の業者とだけ取引を行うデメリットを解消し、複数の業者と取引をする戦略に切り替える企業が多くなると予想される。しかしながら各段階で複数の業者と取引をするとなると、今度はどの業者と取引を行ったらよいかという取引業者選択の問題が新たに生じる。本研究では、複数の取引業者が存在する場合のサプライチェーンにおい

て、どの業者を選択するかという業者選択問題を扱うことにする。当該企業は業者を選択する場合にあたっては多くの情報を利用して、適切な業者を選択したいと言う要望をもつと考えられる。モノの流れによる製品の在庫量、コスト、販売数、利益率という情報など担当者（意思決定者）はさまざまな情報をもとに取引を行っている。取引業者に関して、「オーダー数が多い」、「支払い遅延がない」、「値引きの要求をしない」という業者の評価要素の情報も、評価者である当該企業の担当者にとって必要である。これらの評価要素の情報はあいまいである可能性も排除できない。そこでこれを企業の「業者についてのファジィ・メッセージ」として捉えることにし、取引に関する業者の情報を得て評価段階に反応するといった人間の情報処理過程を考える。ここでの関心事は、この過程においてどのような情報処理が行われているかにあるが、漠然性と偶然性の「二面性を持ったあいまいさ」に注目して、これを捉えていくことにする。

本研究では業者選択の評価要素を導入して、取引に関する取引業者の情報を「業者についてのファジィ・メッセージ」として捉え、多段階サプライチェーンにおける業者の利益と取引量の最大化のモデルを提案する。

### 2. サプライチェーンの利益構造

前述したように各段階1企業のサプライチェーンは、コストと利益面で優位性を持つ。いま各段階1企業のサプライチェーンではなく、複数の企業が存在するサプライチェーンの企業の売上高、コスト、利益構造を考える。具体的には、供給業者—製造業者のサプライチェーンにおいて、製造業者1社が供給業者1社から部品を購入する場合を考えると、製造業者の利益  $F(t)$  は以下のように表現できる。

$$F(t) = \max \{ [P(t) - I(t)]D(t) - C, 0 \} \quad (1)$$

\*教授 情報システム創成学科

Professor, Dept. of Information systems creation

ただし、 $P(t)$  ; 時点  $t$  の販売価格,  $I(t)$  ; 時点  $t$  の変動費,  $D(t)$  ; 時点  $t$  の需要量,  $C$  ; 固定費

製造業者はサプライチェーン寸断のリスクを考えて、部品を購入する供給業者を 1 企業より 2 企業（供給業者 1, 供給業者 2）へと拡大する。製造業者の利益は供給業者 1 から購入した場合の利益  $F_1(t)$  と供給業者 2 から購入した場合の利益  $F_2(t)$  に区分して表現すると以下のように表せる。

$$F_1(t) = \max \{ [P_1(t) - I_1(t)]D_1(t) - C, 0 \} \quad (2)$$

$$F_2(t) = \max \{ [P_2(t) - I_2(t)]D_2(t) - C, 0 \} \quad (3)$$

ここでいう利益は売上高から変動費及び固定費を控除した営業利益である。いま製造業者が供給業者 1 と供給業者 2 から購入する部品の品質は同じであると考えれば、ここでの問題は、供給業者 1 と供給業者 2 からの購入割合  $x$  を調整することによって、購入費である調達コストを低減させ、利益  $F(t)$  を増大させることが出来る。したがって製造業者の利益は以下のように書きなおすことが出来る。

$$F(t) = x \cdot F_1(x) + (1 - x) \cdot F_2(t) \quad (4)$$

上記の供給業者 1 と供給業者 2 が国内の業者である場合はそれほど大きな調達コスト削減は期待できないかもしれない。しかしながら、これらの業者が海外である場合を考えれば、調達コストを下げる効果は大きい。特に最近の為替相場の変動に見られるように、米国との取引における円/ドルやヨーロッパとの取引における円/ユーロに見られる円高は、まさに、調達コストを引き下げる環境としてはチャンスとも考えられる。最近のトヨタ自動車、日産、ホンダの企業行動に見られるように、海外からの部品調達の動きが急である。これは円高を利用した調達コスト低減の動きである。特に韓国のウオン安を利用して部品調達を行う動きは各社共通している。ただし、この円高は一方では、販売価格を押し下げるものであり企業にとって死活問題であるが、ここではこの問題にはこれ以上触れない。また(1)式、(2)式、(3)式、(4)式において取引価格のほか、需要量  $D(t)$  を考慮する必要がある。当然のことながら、調達コストを押し下げる要因は、部品 1 個の値段であるが、調達する需要量に影響する。したがって調達コストを低減させる問題は需要量との関係でも考える必要があるが、指摘するに止めておきたい。

### 3. サプライチェーンネットワークの利益構造

複数の企業が存在するサプライチェーンの利益構造を拡大し、複数の企業が存在するサプライチェーンネットワークの利益構造を考える。競合する複数の取引業者から安く部品を調達することが基本であるが、コストだけで取引業者を選択するわけではないと仮定する。取引業者にする納期の順守等の評価要素も考慮して、複数の業者が存在する場合にどの業者と取引を行うかを考える。

いま製造業—卸売業（小売業）—顧客（需要市場）の間の 3 段階サプライチェーンネットワークにおける利益構造を捉えた Nagurny の SCM 均衡モデルを参考にし、モデルの拡張を行う。

#### 3.1 SCM 均衡モデル

Nagurny の SCM 均衡モデルは、製造業—卸売業（小売業）—顧客（需要市場）との間の 3 段階サプライチェーンネットワークモデルにおける利益と取引量を記述したモデルである。製造業を中心とすれば、「2. サプライチェーンの利益構造」は、供給業者—製造業者の関係を述べたので、製造業の上流工程にあたる。これに対して Nagurny の SCM 均衡モデルは、製造業—卸売業（小売業）—顧客（需要市場）の関係を扱っている。製造業の下流工程を扱っているが、基本的なサプライチェーンの形は変わらないので、本節以降は、製造業—卸売業（小売業）—顧客（需要市場）の関係を主として考える。

いま複数の業者が存在し、製造業は  $m = 1, 2, \dots, i$ , 卸売業  $n = 1, 2, \dots, j$ , 顧客  $o = 1, 2, \dots, k$  と仮定する。

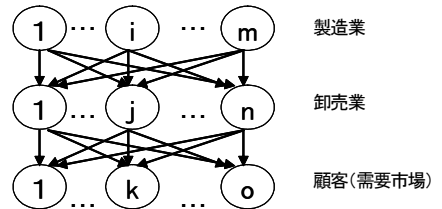


図1 サプライチェーンネットワークモデル

ここで  $q_i$  は製造業  $i$  の製造量であり、製造コストを  $f_i$  で表現する。製造業  $i$  における製造コストは以下のように表す。

$$f_i = f_i(q_i), \quad \forall i \quad (5)$$

また製造業  $i$  と卸売業  $j$  における製造量を  $q_{ij}$  とし、製造業  $i$  と卸売業  $j$  の製造量ベクトルを  $Q^i$  とする。製造業  $i$  と卸売業  $j$  における取引コストを  $c_{ij}$ 、製造業 1 の卸売

業  $j$  にする提示価格を  $\rho_{ij}^*$  とすると、利益は以下のよう  
に求められる。

$$\sum_{j=1}^n \rho_{ij}^* q_{ij} - f_i(Q^1) - \sum_{j=1}^n c_{ij}(q_{ij}) \quad (6)$$

上記の製造コスト  $f_i(q)$  と取引コスト  $c_{ij}$  は、「2. サプライチェーンの利益構造」における変動費  $I(t)$  である。したがって上記の利益は売上高から変動費を控除した利益であるので、売上総利益を表している。売上総利益は粗利または限界利益とも呼ばれる。

次に、卸売業  $j$  と消費者  $k$  においては、卸売業  $j$  と消費者  $k$  における取引量  $q_{jk}$ 、卸売業者  $j$  の消費者  $k$  に対する提示価格  $\rho_{2j}$  としたときの利益は次式のような表現することが出来る。

$$\rho_{2j}^* \sum_{k=1}^o q_{jk} - c_j(Q^1) - \sum_{i=1}^m \rho_{ij}^* q_{ij} \quad (7)$$

上記の利益も売上総利益は粗利または限界利益と呼ばれる利益を表している。ここで取引量  $q_{jk}$  は、(7)式の利益を最大にするように決定される。(6)式の  $q_{ij}$  および(7)式の  $q_{jk}$  が、サプライチェーンネットワークモデルの利益を最大化する取引量である。

### 3.2 サプライチェーンネットワークの利益

本研究では製造業者は非協力で、競争関係にあると仮定する。また製造コストと取引コストはそれぞれ固有で、独立し、連続で凸関数であると仮定する。したがってそれぞれの製造業者は、独自に最適生産量と出荷量を決定し、次式を満たすと考え、製造量ベクトル  $Q^1$  は、利益を最大化するように決定される。

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left[ \frac{\partial f_i(Q^1)}{\partial q_{ij}} + \frac{\partial c_{ij}(q_{ij}^*)}{\partial q_{ij}} - \rho_{ij}^* \right] \times [q_{ij} - q_{ij}^*] \geq 0 \quad (8)$$

$$\forall Q^1 \in R_+^m$$

(8)式により製造業者が生産し、製造業が卸売業に供給する製造量が計算される。ここで、製造コストは「連続で凸関数である」ことを条件としている。連続で凸関数であることと、リブシッツ条件を満たすことにより、式(8)は微分可能である。サプライチェーンの上流工程である製造業者の製造量は、卸売業を通じて顧客に供給される量として決定される。製造業者—卸売業者の利益と卸売業者—顧客の利益はサプライチェーン全体を流れる取引量とともに決定され、最適解がサプライチェーン全体の利益を最大化する最適な取引量として決定される。製造業—卸売業—顧客の3段階サプライチェーンネットワークモデルの

利益と取引量は次式で表される。

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left[ q_{ij} + \alpha \left( \frac{\partial f_i(Q^{T-1})}{\partial q_{ij}} + \frac{\partial c_{ij}(q_{ij}^{T-1})}{\partial q_{ij}} + \frac{\partial c_j(Q^{T-1})}{\partial q_{ij}} - \gamma_j^{T-1} \right) - q_{ij}^{T-1} \right] \times [q_{ij} - q_{ij}^{T-1}] \\ & + \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^o \left[ q_{jk} + \alpha \left( c_{jk}(Q^{2T-1}) + \gamma_j^{T-1} - \rho_{3k}^{T-1} \right) - q_{jk}^{T-1} \right] \times [q_{jk} - q_{jk}^{T-1}] \\ & + \sum_{j=1}^n \left[ \gamma_j^{T-1} + \alpha \left( \sum_{i=1}^m q_{ij}^{T-1} - \sum_{k=1}^o q_{jk}^{T-1} \right) - \gamma_j^{T-1} \right] \times [\gamma_j - \gamma_j^{T-1}] \\ & + \sum_{k=1}^o \left[ \rho_{3k}^{T-1} + \alpha \left( \sum_{j=1}^n q_{jk}^{T-1} - d_k(\rho_3^{T-1}) \right) - \rho_{3k}^{T-1} \right] \times [\rho_{3k} - \rho_{3k}^{T-1}] \geq 0 \end{aligned} \quad (9)$$

ここで第1項は製造業と卸売業間における最適コスト、第2項は卸売業と顧客間における最適コストであり、この第1項と第2項でチェーン全体の取引量におけるコストが計算される。第3項は各卸売業間での発生コスト、第4項は顧客側の提示価格  $\rho_{3j}$  のもとでのコストが計算される。この4項の合計がコストの最小化、換言すれば、利益の最大化となる取引量が決定される。

### 4. 業者選択

現在では、ERPやPOS、WMS(倉庫・物流管理システム)の普及などにより、製品・資材の在庫や保管場所、モノの流れとともに逐次情報が更新され情報とともにモノが流れているといっても過言ではない。しかし、各業者間で業者を選択する際に担当者(意思決定者)は、コストだけではなく、なるべく多くの情報を用いて最高の取引業者を選択したいと考える。いま、担当者は取引業者に関する情報として「オーダー数が多い」、「支払い遅延がない」、「値引きの要求をしない」という評価要素を用いて業者選択を行うと仮定する。

#### 4.1 トランクイリティ

以下ではファジィ・モデルに広く適用可能な評価基準として「多段階トランクイリティ」および「ファジィ・エントロピーを用いた多段階トランクイリティ」に注目し、その有効性について検討していくことにする。

##### (1) トランクイリティによるファジィ・モデルの評価

統計的なアプローチによる分析モデルにおいてモデルの有効性に関する評価を行おうとする場合、AIC(Akaike Information Criterion; 赤池情報量基準)が有力な評価基準となる。しかしながら、人間や組織のあいまいな意思決定の問題をファジィ理論によって定式化したモデル(ファジィ・モデル)には、モデルの有効性を評価するための汎用的かつ有効な基準はほとんど提案されていない

かった。こうしたファジィ・モデルの評価問題に対して、Yager は複数の代替案からただ一つの代替案を選択する際の「迷い」に注目し、その大きさを定量的に表す評価基準「トランキリティ」を提案している。そして、複数の代替案から最良の（メンバーシップ値が最大の）代替案を選択する際の「迷い」が小さいモデルが、意思決定の容易なモデルであるという意味で「良いモデル」と考え、この「迷いの大きさ」（正確には「迷いの小ささ」）を(10)式のように定式化している。(10)式の  $TQ$  が「トランキリティ」であり、これが大きいほど意思決定者の迷いが小さく「良いモデル」であることを示している。

$$TQ = \int_0^{M_i} \frac{1}{\text{card}(\alpha)} d\alpha \quad (10)$$

ただし、 $M$  : 最大のメンバーシップ値

$\text{card}(\alpha)$  :  $\alpha$  レベル集合の要素数

(10)式において、最大のメンバーシップ値  $M$  が大きいほど、またその  $M$  とそれ以外（2 番目以降）のメンバーシップ値との差が大きいほど、トランキリティ  $TQ$  の値が大きくなり、 $M=1$  で、それ以外のメンバーシップ値がすべて 0 のときに  $TQ$  の値は 1 で最大となる。ここで注目すべき点は、最大のメンバーシップ値  $M$  と 2 番目のメンバーシップ値との差のみに  $TQ$  の値が依存するのではなく、 $M$  の大きさ自体および 3 番目以降のメンバーシップ値にも依存する点である。これにより、最良の（メンバーシップ値が最大の）代替案を選択する際の「迷い」を多面的に、かつ定量的に捉えることができる。

(2)多段階トランキリティとファジィ・エントロピーを用いた多段階トランキリティ

前項の「トランキリティ」は、複数の代替案から「ただ一つ」の最良代替案を選択する際の評価基準であり、 $n$  個の代替案「すべて」の序列を判定するためには、これとは異なる評価基準が必要である。そこで、松丸・山下は通常の「トランキリティ」を  $n$  個の代替案の序列問題へと拡張することにより、(11)式のような多段階トランキリティ(MTQ-1)を提案している。

$$MTQ-1 = \sum_{s=2}^n {}_s C_2 \int_0^{M_i} \frac{1}{\text{card}(\alpha)} d\alpha \quad (11)$$

ただし、 $s$  : 多段階（ $n-1$  回）の判定過程で対象となる代替案数

$M_s$  : 判定の対象となる  $s$  個の代替案の中で最大のメンバーシップ値

(11)式は、まず  $n$  個の代替案から最良の代替案を選択

する場合（これは通常のトランキリティと同様）の迷い、次に残りの  $n-1$  個の代替案から最良の代替案を選択する場合の迷い、さらに  $n-2$  個の代替案から最良の代替案を選択する場合の迷いというように、最後の 2 つの代替案から良い代替案を選択する場合の迷いまで、 $n-1$  段階を合計しようとするものであり、 $n$  個の代替案の序列問題を多段階（ $n-1$  段階）の総合的な迷いの小ささとして捉えている。その際、 $n$  個の代替案を比較する場合と 2 つの代替案を比較する場合とは当然ながら迷いの大きさが異なるため、 $s$  個の代替案から 2 個を比較する組合せ数（ $sC_2$ ）で各段階を重みづけしている。さらに、山下は上記の多段階トランキリティ(MTQ-1)の組合せ数  $sC_2$  を、ファジィ・エントロピー（行動エントロピー）に置き換えることにより、(12)式のファジィ・エントロピーを用いた多段階トランキリティ (MTQ-2) を提案している。ファジィ・エントロピーは、代替案  $ii$  の選択確率  $P_{ii}$  に介在する偶然性とメンバーシップ値  $\mu_{ii}$  に介在する漠然性の両面を考慮した総合的なあいまいさを表す指標であり、(13)式のように定式化される。

$$MTQ-2 = \sum_{s=2}^n F(s) \int_0^{M_i} \frac{1}{\text{card}(\alpha)} d\alpha \quad (12)$$

$$F(s) = - \sum_{i=1}^s p_i \log p_i + \sum_{i=1}^s p_i \{ -\mu_i \log \mu_i - (1-\mu_i) \log (1-\mu_i) \} \quad (13)$$

ただし、 $F(s)$  :  $s$  個の代替案を判定する際のファジィ・エントロピー

したがって、ファジィ・エントロピーが大きいほど人間の意思決定における情報のあいまいさが大きいということになるため、代替案の序列を判定する際の負荷が大きい。MTQ-2 の基本的な考え方は、こうした判定の負荷をファジィ・エントロピー（行動エントロピー）によって捉え、 $s$  個の代替案を判定する際の「迷い」に対してこの負荷  $F(s)$  で重みづけしようとするところにある。これにより、人間の情報処理過程における偶然性と漠然性の両面（判定の負荷）を考慮した「迷いの小ささ」を定量的に捉えることが可能になるのである。

これらの多段階トランキリティ MTQ-1 と MTQ-2 により、 $n$  個の代替案から「ただ一つ」の最良代替案を選択する問題のみを取り扱っていた通常のトランキリティを、 $n$  個の代替案「すべて」の序列を判定する問題、あるいは  $n$  個の代替案を順番に選択する問題へと拡張することが可能となる。さらに、 $n-1$  段階のプロセスを  $m$  段階目で切れば、 $n$  個の代替案から  $m$  個の代替案を選択

する問題へと一般化することもできる。

本研究では多段階トランキリティ(MTQ-1)とファジィ・エントロピーを用いた多段階トランキリティ(MTQ-2)を利用して業者選択を行う。

## 4.2 業者選択の拡張

複数の業者が存在すると、それぞれ納品コストや取引コストが異なるため、最適な業者を選択することが難しくなる。最適な業者を選択することは生産をスムーズに行うために担当者(意思決定者)にとっては重要な問題であると考えられる。Nagurny モデルでは、コストに注目しコストが最小になるように取引量を決めている。しかし、コスト最小は、良い考えであると考えられるが、コストのみに注目してサプライチェーンを構築するのは十分ではない。例えば納期通りに注文した部品が、予定通り納入されなくては生産が出来ない。

そこで本研究ではNagurny モデルをもとに、コスト以外の要因にも注目して業者を選択する問題を考える。具体的には業者を選択する際に、業者選択の評価要素を導入して評価を行う。この際にダミー変数を導入し、評価要素に関する情報を用いて業者選択をするとき  $\delta=1$  とし、用いない場合  $\delta=0$  とする。また業者選択の際の意思決定の容易さ(迷いの小ささ)を表す評価基準として多段トランキリティを用いた場合のモデル(以下、多段トランキリティモデル(EMTQ1)とファジィエントロピーを用いた場合のモデル(以下、ファジィエントロピーモデル(EMTQ2))を用いた場合のモデルを提案する。具体的には、意思決定の容易さ(迷いの小ささ)を表す迷いの大きさを計算し業者ごとの選択ウェイトを算出する。多段トランキリティを用いた業者選択のウェイト  $r_j$  を導入した均衡多段トランキリティモデル(EMTQ1)を次式に示す。

$$\sum_{j=1}^n \rho_{ij}^* (q_{ij} (1 - \delta \cdot r_j)) - f_i(Q^1) - \sum_{j=1}^n c_{ij} (q_{ij} (1 - \delta \cdot r_j)) \quad (14)$$

多段トランキリティにファジィ理論を援用したファジィエントロピーを用いた業者選択のウェイト  $r_j$  を導入したファジィエントロピーモデル(EMTQ2)を次式に示す。

$$\sum_{j=1}^n \rho_{ij}^* (q_{ij} (1 - \delta \cdot r_j)) - f_i(Q^1) - \sum_{j=1}^n c_{ij} (q_{ij} (1 - \delta \cdot r_j)) \quad (15)$$

## 5. 数値実験

### 5.1 数値実験条件

製造-卸売(小売業)-顧客の数を2社-3社-2社と仮定する。製造業は  $i=1,2$ , 卸売業  $j=1,2,3$ , 顧客  $k=1,2$

である。

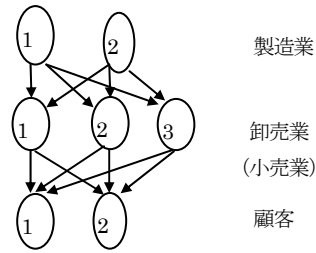


図2 2-3-2 サプライチェーン構造図

製造業は製造コスト  $f_i(q)$  を次のように仮定する。

$$f_1(q) = 2.5q_1^2 + q_1q_2 + 2q_1 \quad (16)$$

$$f_2(q) = 2.5q_2^2 + q_1q_2 + 12q_2 \quad (17)$$

製造業者の卸売業者との取引コストは次のよう仮定する。

$$c_{11}(q_{11}) = q_{11}^2 + 3.5q_{11}, \quad c_{12}(q_{12}) = q_{12}^2 + 3.5q_{12}$$

$$c_{13}(q_{13}) = .5q_{13}^2 + 5q_{13}, \quad c_{21}(q_{21}) = .5q_{21}^2 + 3.5q_{21}$$

$$c_{22}(q_{22}) = .5q_{22}^2 + 3.5q_{22}, \quad c_{23}(q_{23}) = .5q_{23}^2 + 5q_{23}$$

さらに卸売業者の製造業者との取り扱いコストとしては次のよう仮定する。

$$c_1(Q^1) = .5 \left( \sum_{i=1}^2 q_{i1} \right)^2, \quad c_2(Q^1) = .5 \left( \sum_{i=1}^2 q_{i2} \right)^2$$

$$c_3(Q^1) = .5 \left( \sum_{i=1}^2 q_{i3} \right)^2$$

また卸売業者と顧客間の取引コストは、次のよう仮定する。

$$c_{11}(Q^2) = q_{11} + 5, \quad c_{12}(Q^2) = q_{12} + 5$$

$$c_{21}(Q^2) = q_{21} + 5, \quad c_{22}(Q^2) = q_{22} + 5$$

$$c_{31}(Q^2) = q_{31} + 5, \quad c_{32}(Q^2) = q_{32} + 5$$

ここで  $Q^2$  は卸売業者と顧客間での取引量である。また市場における需要関数を以下のように仮定する。

$$d_1(\rho_3) = -2\rho_{31} + 1.5\rho_{32} + 1000$$

$$d_2(\rho_3) = -2\rho_{32} + 1.5\rho_{31} + 1000$$

これらの条件のもとで、Nagurny モデル, EMTQ1, EMTQ2 を利用して業者選択を行う。

### 5.2 数値実験結果

いま卸売業選択時の評価者である当該企業の担当者がいづく業者に対するメンバーシップ値を表1に示す。

表1 メンバーシップ値

	オーダー数	値引き	支払遅延
卸売業1	0.9	0.8	0.7
卸売業2	0.8	0.7	0.4
卸売業3	0.9	0.5	0.1

次に、この情報による業者選択の選択確率を求める。

表1のメンバーシップ値を用い、多段トランクイリティモデル（EMQT1）とファジィエントロピーモデル（EMQT2）を利用した結果を表3に示す。表4はその割合の結果である。

表2 選択確率

	オーダー数	値引き	支払遅延
卸売業1	0.36	0.34	0.3
卸売業2	0.44	0.4	0.17
卸売業3	0.59	0.41	0.01

表3 MTQ1, MTQ2の結果 表4  $r_{F_j}$ ,  $r_{T_j}$ の結果

	MTQ1	MTQ2		$r_{F_j}$	$r_{T_j}$
卸売業1	1.3	0.77	卸売業1	0.25	0.28
卸売業2	1.4	0.87	卸売業2	0.27	0.32
卸売業3	2.5	1.08	卸売業3	0.48	0.4

多段階トランクイティ(MTQ1)とファジィ・エントロピーを用いた多段階トランクイティ(MTQ2)とNagurnyモデルを用いた場合のサプライチェーン全体の最適な取引量による利益を図3に示す。

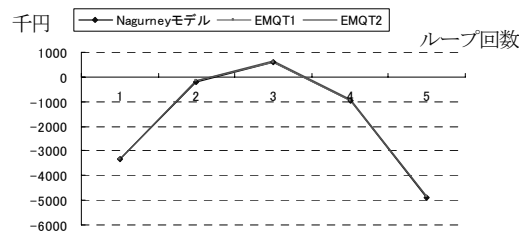


図3 利益の均衡点

上記の3つのモデルによる利益の比較を図3に示す。

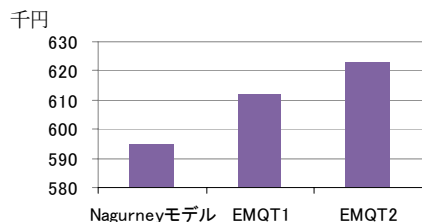


図4 各モデルにおける利益

この結果からわかるように多段階トランクイティ(MTQ1)とファジィ・エントロピーを用いた多段階トランクイティ(MTQ2)を用いたほうがより適切な業者を選択することが可能となり、コストのみによる業者選択よりも利益を多く獲得することがわかった。

## 6. 結言

本研究では業者選択の評価要素を導入して、取引に関する取引業者の情報を「業者についてのファジィ・メッセージ」として捉え、多段階サプライチェーンにおける業者の利益と取引量の最大化のモデルを提案した。多数の取引業者から取引業者を選択する問題と利益及び取引量の最大化の提案モデルの有効性を数値例により確認した。

## 参考文献

- (1) Anna Nagurney, June Dong, Ding Zhang, “A supply chain network equilibrium model”, Transportation Research Part E 38, (2002), p.281-303
- (2) 松丸正延, 山下洋史, “合併企業評価モデルの比較のための多段階トランクイリティ”, 日本経営システム学会全国研究発表大会講演論文集, pp.49-52, 1994
- (3) 山下洋史, “ファジィ・エントロピーを用いた多段階トランクイティ”, 山梨学院短期大学紀要, Vol.15, pp.100-112
- (4) Ronald R.Yager, “Measuring tranquility and anxiety in decision making: : An application of fuzzy set”, International Journal of General Systems, (1982), Vol. 8, pp.139-146
- (5) 西川智登, 清水静江, 宮本日出雄, “意思決定過程における入力情報に対する判断力の構造”, 日本経営システム学会誌, Vol.No.1, pp.35-41
- (6) 松丸正延, “財務分析・経営分析における経営品質”, 「経営品質科学の研究」, 明治大学経営品質科学研究所編, 中央経済社, (2011), pp.275-286