東海大学紀要情報通信学部
Vol.10,No.1,2017,pp.36-44

論文

企業間取引の効率化のための動的サプライチェーンに関する研究

斎藤 晃一[*1]，水野 浩孝[*2]

Study of Dynamic Supply Chain Model for Improvement of Efficiency in Inter-business Trading

by

Koichi SAITO[*1] and Hirotaka MIZUNO[*2]

(received on Mar.27, 2017 & accepted on Jul.13, 2017)

あらまし

系列の解体が進み，サプライヤーが系列を超えて取引を行ってきている．これは，製品のライフサイクルの短期化，コスト競争の激化により取引相手の変更をしている（動的サプライチェーン）ためと言える．すなわち，静的サプライチェーンから動的サプライチェーンへの変遷が進んできている．そこでは，各企業はその都度，適切な取引相手と契約を結ぶ必要性が高まってきている．そこで本研究では，動的サプライチェーン環境下において，企業同士の中・長期的な取引関係にどのような影響が表れるかシミュレーターを用いて明らかにする．

Abstract

As product lifecycles become short and price wars become awful, many players in supply chains start to deal with new partners which are non-affiliate companies. In other words, many supply chains are changing from static chains to dynamic ones. In dynamic supply chains, players have to make contracts with proper partners each time. In time paper, in a dynamic supply chain, how variation of supply capability of suppliers affects the entire behavior and performance of the chain is investigated.

キーワード: サプライチェーン，動的サプライチェーン，供給能力
Keywords: *Supply Chain, Dynamic Supply Chain, Supply Capability*

1. はじめに

サプライチェーン（Supply Chain）とは，サプライヤーから顧客に至るまでの調達，生産，物流，販売すべての工程を含むネットワークのことである．従来の（静的）サプライチェーンは，特定の調達先（系列）企業と密接な取引関係を結ぶことで管理されていた．しかし，近年，日本ではサプライチェーンの構造を見直す動きが高まってきている[1)-4)]．Fig.1 に 1 つの完成車メーカーだけに納入するサプライヤーの割合を示す．Fig.1 を見ると，1989 年から 2010 年にかけて全社的に系列内のサプライヤー数を減少させていることがわかる．一方で，複数の完成車メーカーに納入するサプライヤーの数は増加傾向にある．これらのことから，系列の解体が進み，サプライヤーが系列を超えて取引を行っていることがわかる．これは，製品のライフサイクルの短期化，コスト競争の激化により取引相手の変更をしているためと言える．つまり，静的サプライチェーンから動的サプライチェーンへの変遷が進んできていると言える．動的サプライチェーンにおいては，各企業は，その時々で，何らかの意味で適切な取引相手と契約を結んでゆく必要がある．本研究では，動的サプライチェーンを対象として，動的サプライチェーンにおいて，企業同士の中・長期的な取引関係がどのような影響を行けるのかをシミュレーションにより分析することを試みる．特に，参加企業の供給能力が可変的となった場合に焦点を当ててゆく．

*1 情報通信学研究科 情報通信学専攻 修士課程
Graduate School of Information and Telecommunication Engineering, Course of Information and Telecommunication Engineering, Master's Program
*2 情報通信学部 経営システム工学科 教授
School of Information and Telecommunication Engineering, Department of Management Systems Engineering, Professor

2. サプライチェーンの動向と課題

近年，サプライチェーンは特定の企業同士と密接な取引関係を結ぶ静的なサプライチェーンから納期

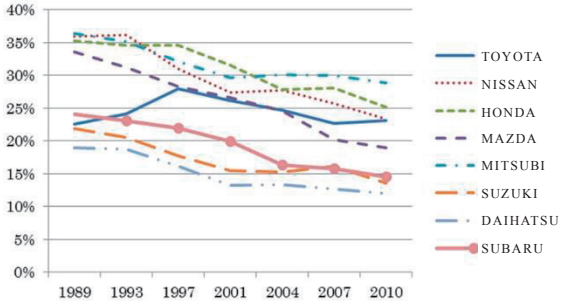


Fig.1 Percentage of suppliers which deliver to only one finished car manufacturer [1)]

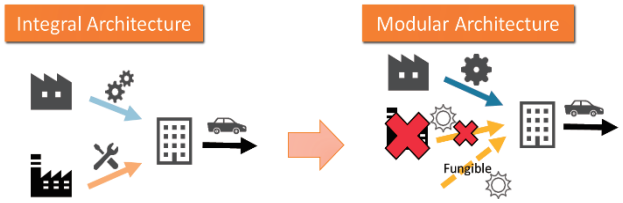


Fig.2　Comparison of integral architecture and modular architecture in supply chain

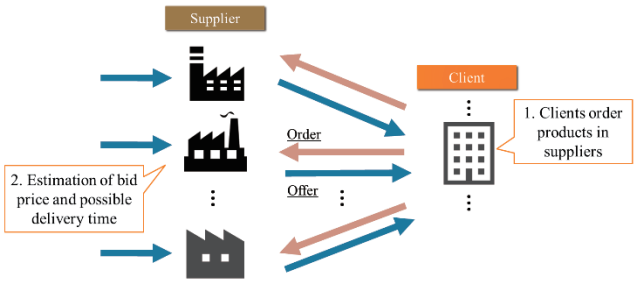


Fig.3　Dynamic supply chain model

や製品価格などで企業間の取引関係を切り替えてゆく動的なサプライチェーンへと変遷してきている．自動車業界を例に挙げると，自動車メーカーでは，特定の企業同士で細かい仕様を擦り合わせる，擦り合わせ型（インテグラル型，フルカスタマイズ生産）の生産が主流であった．しかし，擦り合わせ型の生産では部品ごとの関係が密接であり，一部だけ別の部品を取り入れることが非常に困難になる．よって，調達先の多様化が困難になる，また設計・生産コストの高コストになるといった問題が挙げられる．これに対し，標準化された要素を組み合わせることで多様な製品を生産する組み合わせ型（モジュラー生産，マスカスタマイズ生産）が注目されるようになってきている．標準化された部品は特定のサプライヤーでなくても生産できる．そのため，特定のサプライヤーに依存する必要性が下がる．よって，多くの部品メーカーと長期にわたる協力関係を続ける必要性が薄れ始めている．Fig.2にすり合わせ型と組み合わせ型の生産方式の比較を示す．

自動車業界を例に挙げると，日産自動車では，系列企業の業績を確保する目的で金銭的な支援を行っていたため業績不振となった．そこで，1999年に経営を再建させるため「日産リバイバルプラン」を発表した．これにより，当時主力だった村山工場を含む4工場の閉鎖と従業員2万1千人の削減，さらに保有していた1394社の株式を売却した[2]．その他にもトヨタ自動車では，伝統的な供給網にこだわらないと決断した[4]．その結果，主力車種である「カローラ」の新型車種に採用された衝突回避支援システムを国内製からドイツ製のものを採用した．このように，企業の競争力強化のために系列の枠を超えた取引が盛んになってきている．

動的サプライチェーン[5]は，納期や製品価格などによりサプライチェーンの構造を切り替えられる．しかし，契約を結ぶ際に企業は相手企業とどのような情報のやり取りを行い，何を基準にして契約相手を選択するべきであるか明らかにされていない．

3. 動的サプライチェーンに関する先行研究

谷水らは，動的サプライチェーンモデルを提案した[6]．谷水らが提案した動的サプライチェーンモデルを Fig.3に，サプライヤーとクライアントの交渉に関しての流れを Fig.4に示す．このモデルではサプライヤーは既存の生産スケジュールを変更しながら，クライアントの要求を考慮した適切な納期と価格を決定し，サプライヤーの利益向上を図る．また，谷水らは，信頼性を考慮した動的サプライチェーンモデルの提案，及び検証を行った．そこでは，動的サプライチェーンにおいて，納期遅れが発生したサプライヤーに対して一定期間タスクの依頼を行わないことで利益にどう変化が表れるかをシミュレーション実験により検証を行っている[7]．その他に，前田らは複数のクライアントからのタスクの依頼に対して，サプライヤーが同時に見積もりを作成できるモデルへと拡張を行っている[8]．

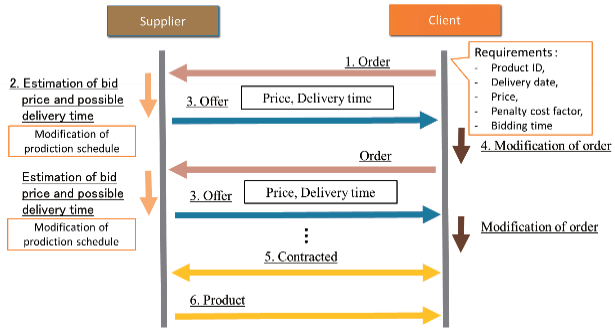


Fig.4　Negotiation flow between a client and a supplier

4. 本研究のアプローチ

本研究では 4 つのステップに分割し，研究を進める．始めに，動的サプライチェーンに関する先行研究について調査を行う．次に，先行研究で提案されている動的サプライチェーンモデルをどのように拡張を行うかの検討と拡張モデルの提案を行う．拡張モデルの提案後，そのモデル化と定式化を行う．最後にシミュレーション実験による提案モデルの有効性の検証を行う．

一般的に企業は，利益や成長率等に応じて，新規工場の設立や社員の増員，事業の撤廃等を行い企業の経営規模の拡大・縮小を行っている．しかし，先行研究のモデルでは，その点は考慮されておらずモデル内に表現されていない．そこで本研究では，先

行研究モデルの精緻化を図るため，サプライヤーの経営規模を供給能力として表現し，サプライヤーの供給能力を可変とする動的サプライチェーンモデルへと拡張を行う．また，拡張したモデルを用いてシミュレーションを行うことで企業の取引関係に与える影響を分析する．

5. 拡張した動的サプライチェーンモデルとその定式化

5.1 対象とするサプライチェーンモデル

クライアント1社に対してサプライヤー3社からなる 2 段階のサプライチェーンを対象とする．各サプライヤーには供給能力や投資額を設定する．本研究で提案する，サプライヤーの供給能力を可変とする動的サプライチェーンモデルでは，各サプライヤーに供給能力や投資額の設定を行う．このモデルでは，サプライヤーが保有する生産機械の台数を供給能力として表現する．この供給能力（生産機械の台数）を向上させたり減少させたりすることで供給能力を可変とする．このモデルの概念図を Fig.5 に，そのモデルでの企業間の交渉の流れを Fig.8 に示す．クライアントから依頼されるタスクの情報やサプライヤーの納期見積もり方法等の基本的なモデルの動作に関しては谷水らの論文 [1] を読まれたい．

5.2 クライアントの振る舞い

クライアントは一定の間隔でサプライヤーにタスクの依頼を行う．ただし，依頼したタスクは特定のサプライヤーと契約を結ぶか依頼を破棄するまで次の依頼は行わないものとした．

クライアントは，各サプライヤーの見積もり結果から要求納期と要求価格の両者の条件を満たしているサプライヤーと契約を結ぶ．条件を満たす見積もり結果がない場合，一定の緩和率を基に要求納期と要求価格を緩和する．

同様の見積もり納期と見積もり価格を提示したサプライヤーが存在した場合，応答が早かったサプライヤーと契約を結ぶものとした．

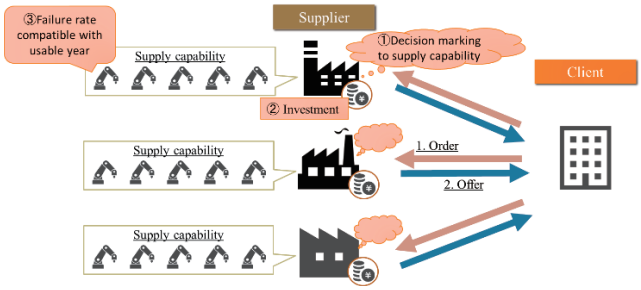


Fig.5 Dynamic supply chain model where supplier here variable capability

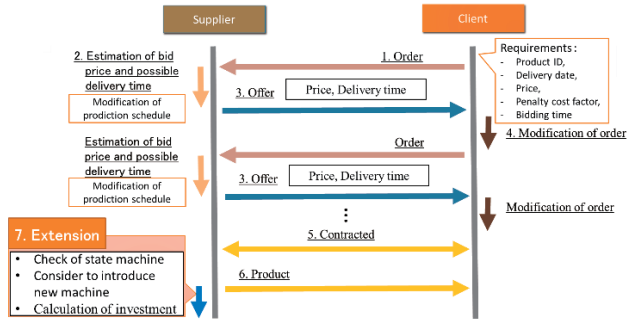


Fig.6 Negotiation flow between a client and a supplier in the proposed model

5.3 サプライヤーの振る舞い

(1) サプライヤーの供給能力への意思決定方法

企業が経営規模の拡大や縮小を決定する際には様々なパターンが存在する．ここでは，各サプライヤーには供給能力に対する意思決定方法を 3 パターン考慮した．以下にそれぞれの特徴を述べる．

① 稼働率を重視

作業中の機械の稼働率が前回の機械購入時から一定以上となっていた場合，その機械に対応する新規に機械を導入する．

② 利益率を重視

前回の機械購入時から利益率が一定以上向上していた場合，新規に機械を導入する．

③ 能力を維持

初期能力を維持し，能力の向上は一切に行わない．

機械が故障したことによってサプライヤーの最低供給能力値を下回る場合には，機械販売店に特別購入で注文（5.4 にて後述）するものとした．

サプライヤーが購入の意思決定を行った場合は式(1)で購入額の総費用を設定する．

$$\text{機械の購入の総費用 } TPP^S = \text{機械の価格 } mp * \text{購入台数 } np \quad (1)$$

また，特別購入の意思決定を行った場合は式(2)で総費用を設定する．

$$\text{機械の特別購入での総費用 } TSPP^S = (mp + \text{特別配達料金 } SDP) * \text{購入台数 } snp \quad (2)$$

(2) 企業の特徴を考慮した意思決定方法

企業には，中小企業や中堅企業，大企業などがある．例として中小企業であれば，土地を購入するだけの資金を有していない，または社員数の問題から経営規模の拡大が困難である場合が考えられる．また大企業であれば，多くの資金や社員を有している事が考えられる．そのため，自社の成長率や利益率の伸びから新たな事業の開拓を行ったりし，経営規模の拡大を積極的に行うことも考えられる．このよ

うな企業の特徴によって能力に対する意思決定方法も様々あることが考えられる．ここでは，3 パターン考慮した．以下にそれぞれの特徴を述べる．

① 機械の修理と買い替えを行う
作業中の機械において，一定期間以上その機械を使用していた場合に修理か買い替えを行うかを検討する．
② 修理のみ行う
作業中の機械において，一定期間以上その機械を使用していた場合に機械の修理を行うかのみ検討する．
③ 故障するまで使用を続ける
作業中の機械が故障して使用不可になるまで修理や買い替えを行わない．

サプライヤーが買い替え購入の意思決定を行った場合は機械の購入時に使用した式(1)で機械の買い替えで発生した総費用を設定する．また，機械の修理に伴う総費用は式(3)で設定する．

$$\text{修理での総費用 } TRP^S = mp * 0.3 * \text{修理台数 } rp \quad (3)$$

5.4 機械販売店の振る舞い

通常，製品を購入した場合には必ずリードタイムが発生する．しかし，オプションによって追加料金を支払うことで即日配達等のリードタイムを短縮するサービスが存在したりする．そのため，本研究のモデルでもサプライヤーから機械の注文があった場合，注文があったサプライヤーに機械を配達する．サプライヤーからの受ける注文のパターンは 2 パターン考慮した．以下にそれぞれの特徴を述べる．

① 通常購入・買い替え購入
そのため，機械を購入してからサプライヤーに配達されるまでに数時間のリードタイムが発生するものとした．尚，費用は機械の本体価格のみとした．
② 特別購入
特定のサプライヤーが緊急で機械が必要である場合に使用する特別購入を設けた．これは，通常の購入ではサプライヤーに配達されるまで数時間のリードタイムを要するが，これを即時配達とし，リードタイムは発生しないものとした．ただし費用は，機械の本体価格に特別配達料金を足した金額がかかるものとした．

サプライヤーが購入してから一定期間以内に故障が発生した場合に，故障した機械を無料で交換する．初期不良による故障は販売店側で責任を取るものとして即時対応を行う．よって，特別配達と同じように機械を届けるまでのリードタイムは発生しないものとした．ただし，一度交換した機械には適用しないものとした．

5.5 サプライヤーのスケジュールの再構築と納期の見積もり方法

サプライヤーが持つスケジュールから納期の見積もり計算や機械の故障に伴うスケジュールの再構築は遺伝的アルゴリズムを用いて行う．以下から遺伝的アルゴリズムをどのように適用したのかを述べていく．

(1) 遺伝的アルゴリズムの概要
遺伝的アルゴリズム（genetic algorithm: GA）[9)-10)]は，生物進化の原理から着想を得たアルゴリズムである．GA では最適化問題に対する解を個体として表現し，その集団を個体群と呼ぶ．各個体に対して交叉や突然変異といった遺伝的操作を用いて現在の個体群から次世代の個体群を生成する．生成した個体に優劣をつけ，優秀な個体を優先的に残していき，さらなる交叉や突然変異を行う．このように世代更新を繰り返し，最終世代の最も優秀な個体をその問題に対する近似解とするものである．これらの一連の操作を終了条件が満たされるまで繰り返し行う．Fig.7 に GA の一連の流れを示す．

(2) 遺伝的アルゴリズムの適用
① 個体の表現
遺伝的アルゴリズムでは通常，解を 0 か 1 の配列で表現される．しかし，スケジューリング問題に対しては 0 か 1 の配列ではなく，記号列を用いて表現した．本研究では，それにならい記号列を個体として表現している．Fig.8 に個体表現の例を示す．

② 初期集団の生成
初期集団の生成では，設定した個体数に応じてその数個体を生成する．その集合を初期集団とする．

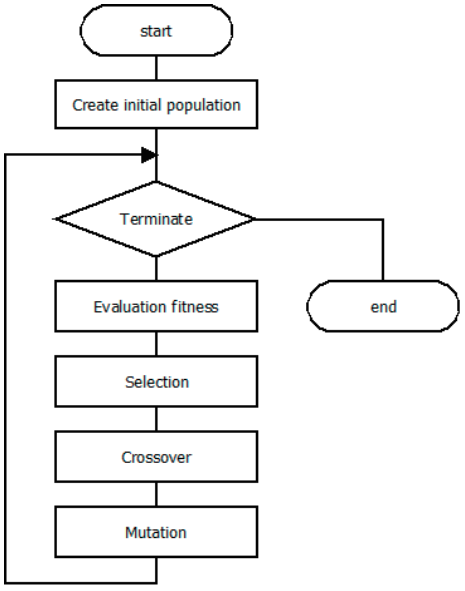


Fig.7 Flowchart of Genetic Algorithm

j1	j1	j3	j2	j2	j3	j2	j3	j1

Fig.8　Expression of the individual

③　適応度の評価

適応度とは，問題に対して生成した各個体がどれだけ優秀かを評価したものである．本研究では，先行研究モデルにならい式(4)の目的関数を最小化するため，値が小さいほど優秀個体としている．式(4)の$W_{q,p,n}$はタスクに対する重み係数で，$TR_{q,p,n}$は要求納期からの見積もり納期の遅延日数である．

$$W_{q,p,n} * TR_{q,p,n} + \sum_{g=1}^{G} \left(W_{q,g} * TR_{q,g}\right) \rightarrow \min \quad (4)$$

④　選択

選択とは，現在の個体群から親個体を選び出す操作である．本研究ではルーレット選択とエリート選択を用いて個体を選択する．ルーレット選択とは，各個体が持つ適応度に応じた選択確率を求め，それを基に個体を選択していくものである．個体x_iが選択される（選択確率）$P(x_i)$は，適応度$f(x_i)$を用いて式(5)のように設定される．

$$P(x_i) = \frac{f(x_i)}{\sum_{j=1}^{N} f(x_j)}, \quad \text{個体番号 } i = 1, 2, \ldots, N \quad (5)$$

また，エリート選択とは，現在の個体群において優秀な個体がそのまま次世代に残されるという選択方式である．本研究では，次世代に残す個体数は設定した個体数の半数としている．

⑤　交叉

交叉とは，選択された 2 つの個体からその個体の特性を受け継いだ新たな 2 つの個体を生成する操作である．本研究では順序交叉を用いて交叉操作を行った．

順序交叉とは，一方の親個体から部分列を選び，もう一方の親個体から相対的な順序を保存する事によって子個体を生成する交叉方法である．例としてj_1，j_2，j_3の 3 つのタスクが 3 つの工程で処理が終了することで完了する問題を取り上げながら，子個体の生成の流れを下記に示す．

ステップ 1：親となる個体を個体群よりランダムに 2 つ選択する．

individual1	j1	j1	j3	j2	j2	j3	j2	j3	j1
individual2	j3	j2	j1	j1	j3	j3	j2	j1	j2

Fig.9　Selection of two individuals

ステップ 2：2 つの交叉点をランダムに選択する．ただし，同じ位置の交叉点をとならないよう選択する．

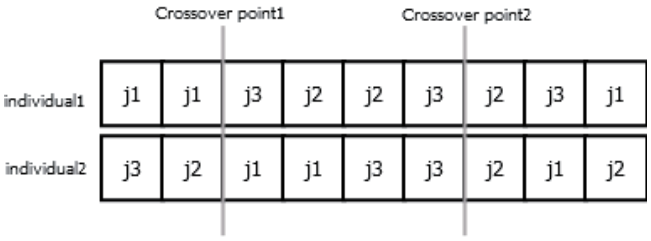


Fig.10　Selection of two crossover points

ステップ 3：2 つの交叉点間の記号列を子個体にそのままコピーする．この時，親 1 の記号列は子 2 へ，親 2 の記号列は子 1 へとコピーする．子個体の＊は現時点では未定であることを示している．

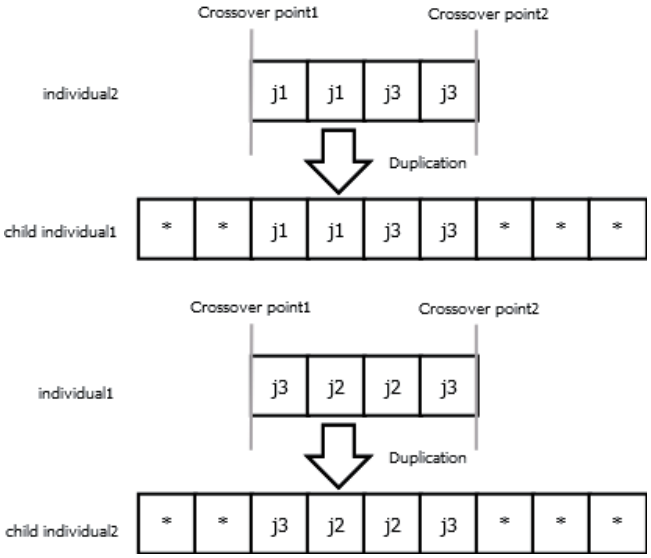


Fig.11　Duplication of information between crossover points to child individuals

ステップ 4:交叉点 2 以降の記号列を先頭に移動させ，新たな親個体の記号列を生成する．

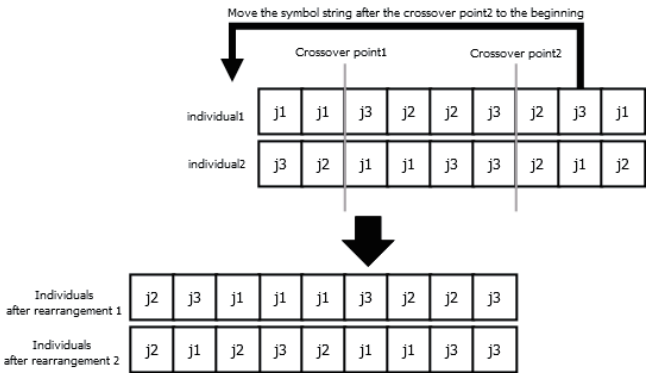


Fig.12　Rearrangement of individuals

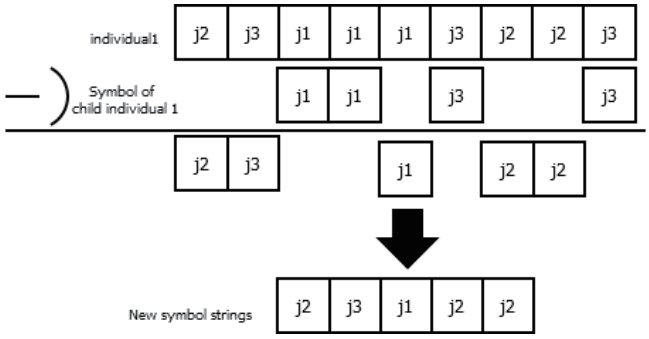


Fig.13　Creation of symbol strings excluding known symbol strings from child individuals

ステップ 5 : 並び替えた親個体から既に子個体において既知である記号を除くと以下のような記号列を得ることができる. Fig.14 では親個体 1 と子個体 1 での例を示す.
ステップ 6 : 2 番目の交叉点からこの順に子 1 の残りの＊部分を決定していくことで子 1 を得ることができる. 子 2 も同様の手順を踏まえることで得ることができる.

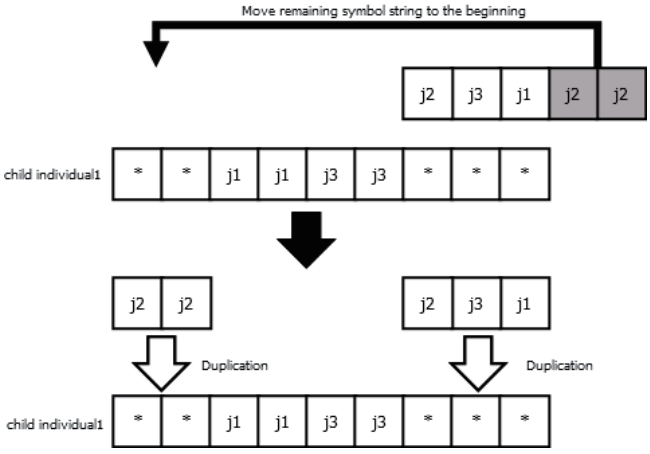


Fig.14　Generation of child individual



Fig.15　Generated two child individuals

⑥　突然変異
突然変異とは，個体の一部をランダムに変更する操作のことである．本研究では個体の一部を入れ替える突然変異を行う．ただし，同様の場所や同様の記号をとらないように選択する．

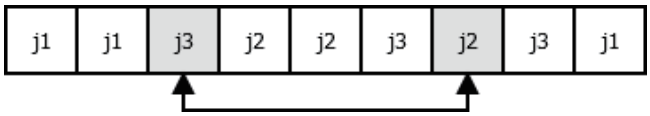


Fig.16　Mutation replacement operation

6. 拡張した動的サプライチェーンモデルを用いたシミュレーション実験

6.1 実験で用いたパラメータと制約条件

クライントからサプライヤーへ依頼するタスクは，各機械を用いた複数の作業（オペレーション）から構成されるものを取り上げた.これらは全ての作業工程が処理されると，タスクが完了するものとした. サプライヤーへ依頼するタスクの種類としては$\boldsymbol{j_1}$，$\boldsymbol{j_2}$，$\boldsymbol{j_3}$，$\boldsymbol{j_4}$，$\boldsymbol{j_5}$の 5 種類とした．各作業（O_1，O_2，O_3，O_4，O_5の 5 工程）使用する機械はM_1，M_2，M_3,，M_4，M_5の 5 台とした.また,各作業工程で使用する機械と作業時間は異なるものとしている．Table 1 にクライアントがサプライヤーに依頼するタスクの詳細を示す.

Table 1　Types of job where the client order suppliers in this research

Job j	**(Machine number** M**, Processing time** P**)**				
	Operation 1 O_1	Operation 2 O_2	Operation 3 O_3	Operation 4 O_4	Operation 5 O_5
$\boldsymbol{j_1}$	(M_1, 23)	(M_3, 25)	(M_2, 17)	(M_5, 18)	(M_4, 12)
$\boldsymbol{j_2}$	(M_5, 16)	(M_2, 12)	(M_1, 22)	(M_4, 13)	(M_3, 14)
$\boldsymbol{j_3}$	(M_4, 15)	(M_1, 29)	(M_3, 16)	(M_2, 13)	(M_5, 18)
$\boldsymbol{j_4}$	(M_3, 15)	(M_5, 17)	(M_2, 15)	(M_1, 13)	(M_4, 23)
$\boldsymbol{j_5}$	(M_2, 24)	(M_3, 27)	(M_1, 15)	(M_5, 18)	(M_4, 13)

以下にクライアントがサプライヤーに依頼するタスクの制約条件を示す.

$O_1 < O_2$　作業 1 は，作業 2 より先行する.
$O_2 < O_3$　作業 2 は，作業 3 より先行する.
$O_3 < O_4$　作業 3 は，作業 4 より先行する.
$O_4 < O_5$　作業 4 は，作業 5 より先行する.

シミュレーション実験を行う上でのシミュレーションモデルを Fig.17 に，設定した各パラメータ値を以下の表に示す．本シミュレーションでは，実時間の 1 秒を 1 時間と換算している．これを用いて，シミュレーション内での 1 時間を 1 期間として扱う.以下に示す Table 2 にシミュレーションを行う上での設定値を示す.

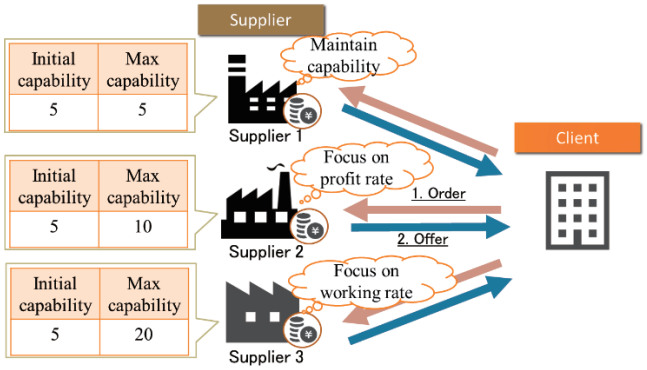


Fig.17　Simulation model

Table 2　Simulation parameters

Item	Definition
Simulation time	1 year（8,760 term）
Client	1
Supplier	3
Experiments	20

Table 3　Clients parameters

Item	Definition
Modification rate	30%
Order	30 minutes／order（0.5 term）
Modification time	30 minutes（0.5 term）
Penalty cost factor	500

Table 4　Supplier parameters

Item	Definition
Consider to introduce new machine	3 day（72 term）
Total production cost	10,000
Amount of remuneration	50,000
Weight adjustment factor	1

Table 5　Supply capability of each supplier

Supplier name	nitial apability	Max capability
Supplier 1	5	5
Supplier 2	5	10
Supplier 3	5	20

Table 6　Machine parameters

Item	Definition
Price	10,000
Processing power	1 hour／processing（1term）

Table 7　GA parameters

Item	Definition
Generations	1000
Individual	300
Crossover rate	0.8
Mutation rate	0.01

6.2 実験で用いたシミュレーターとその開発環境および実行環境

シミュレーション実験に用いたシミュレーターの画面を Fig.18 に示す．シミュレーターには各パラメータに任意の値を入力し，開始ボタンを押下することでシミュレーションを開始する．シミュレーションが終了すると項目ごとにグラフで結果が出力される．

開発したシミュレーターの開発環境を Table 8 に，シミュレーション実験を行った実行環境を Table 9 に示す．

6.3 シミュレーション実験の結果

Fig.19 に各サプライヤーの契約数の比較を，Fig.20 に投資額の比較を，Fig.21 に総利益の比較を示す．また，Fig.22 には契約納期から遅延した期間の比較を，そして Fig.23 には納期遅れ発生件数の比較の結果を示す．

Fig.19 から Fig.21 を見ると，サプライヤーの供給能力に比例して，チェーン全体としての総利益が高くなっている．

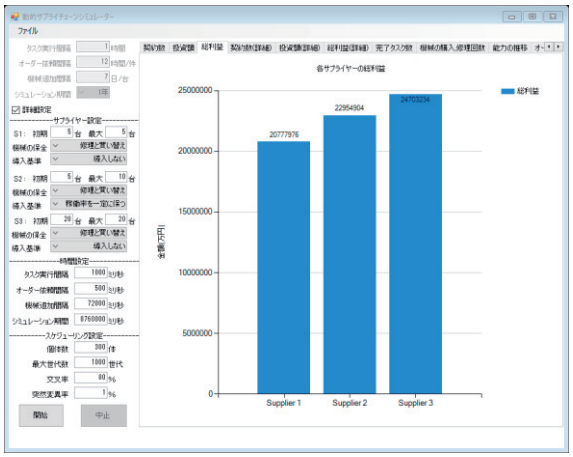


Fig.18　Window of Simulator

Table 8　Development environment

Item	Definition
Development software	Microsoft Visual Studio Professional 2013
Development language	Visual C# 2013

Table 9　Execution environment

Item	Definition
OS	Windows 10 Home
CPU	Intel(R) Core(TM) i5-4460 CPU @ 3.20GHz
RAM	16.0 GB
Type of system	64bit operating system x64 base processor

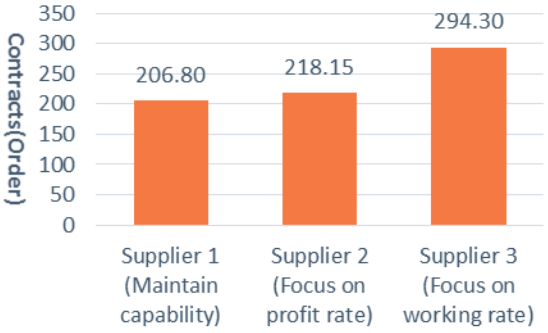


Fig.19　Comparison of the number of contracts of each supplier

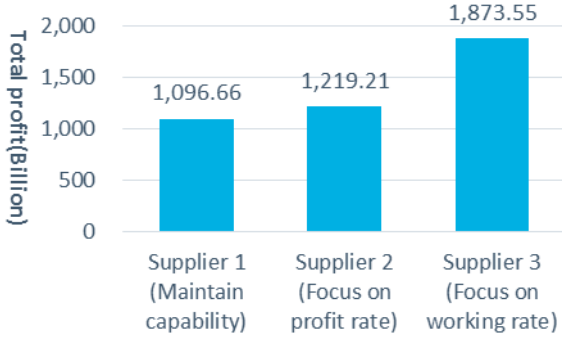


Fig.20　Comparison of investment of each supplier

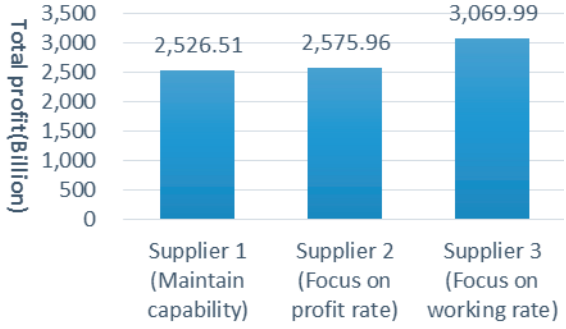


Fig.21　Comparison of total profit of each supplier

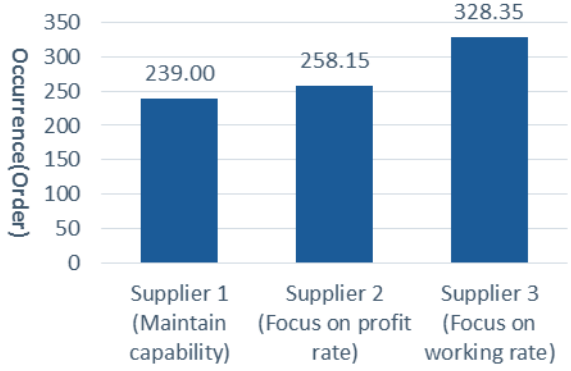


Fig.22　Comparison of delayed periods from contracted delivery date of each supplier

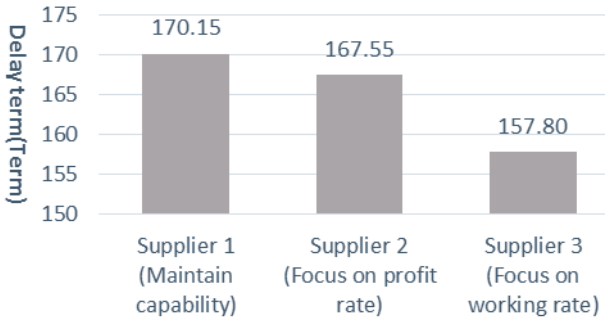


Fig.23　Comparison of the number of incidents of delivery delay

つぎに，Fig.22 に契約納期から遅延した期間の比較と Fig.23 に納期遅れ発生件数の比較の結果を示す．Fig.24 からは供給能力に比例し契約納期からの遅延期間は小さくなっている．また，Fig.23 からは納期遅れの発生件数は，供給能力値に比例して多くなってゆくことがわかる．

6.4 考察

まず，サプライヤーの供給能力が高まるとチェーンの総利益が高くなるのは，供給能力が高くなると一度に処理できるタスクの数が多くなるためと考えられる．このため，見積もり納期を早く設定でき，また価格を安く設定でき，結果として多くの契約を得ることができて，利益を上げることができたと考えられる．

サプライヤー1 とサプライヤー2 との間にそれほど大きな差は見られなかったのは，供給能力の最大値の幅が小さかったためではないかと考えられる．

納期遅れの発生件数が供給能力が高くなるにつれて多くなることに関しては． Fig.19 に示した契約件数からも分かる通り，供給能力が高いとそれだけ多くの契約を得ることができるのであるが，能力以上のタスクを抱えてしまうリスクが高まり，結果として納期遅れが多く発生してしまうのではないかと考えられる．

サプライヤーからの視点では，供給能力が他のサプライヤーよりも高い場合，より多くの利益が得られることがわかった．このことから，供給能力の向上が利益の向上に直接つながると言える．また，クライアントの視点からは，サプライヤーの供給能力が高くなるほど契約納期からの遅延日数は減る．しかし，納期遅れが発生するリスクは高くなってしまう．そのため，一概に能力が高いサプライヤーと契約を結ぶことが良いとは言えないと考えられる．

7. おわりに

本研究では，先行研究モデルを拡張し，サプライヤーの供給能力を可変とする動的サプライチェーンモデル以下の成果を得た．

・先行研究モデルの精緻化を図るため，動的サプライチェーンのモデルをサプライヤーの供給能力を可変とするものへ拡張した．
・拡張したモデルを用いてシミュレーション実験を行い，クライアントとサプライヤーのそれぞれについて，その供給能力の変動がチェーンのパフォーマンスに与える影響を分析した．

今後の課題として，サプライヤーの供給能力と納期遅れが発生する可能性のトレードオフを考慮した意思決定方法をクライアントへ導入することが挙げられる．また，今回のシミュレーションでは，企業の内部の情報のみにもとづいて供給能力の拡大縮小の意思決定を行うこととしている．今後は，他のサプライヤーの情報までも考慮して意思決定を行いように拡張してゆく必要がある．

参考文献

1）（株）豊田中央研究所：日本の自動車産業における完成車メーカーと一次サプライヤーの取引構造とその変化，http://www.rieti.go.jp/jp/publications/dp/15j014.pdf（参照2017-2-13）
2) 長谷川洋三：自動車業界におけるモジュール化の進展と企業間関係の変化―日産自動車の事例を中心に―，CUC policy studies review, pp.51-62, 2012
3) 東京新聞：http://www.tokyo-np.co.jp/hold/2008/anohi/CK2007061502124491.html （参照2017-2-11）
4) TELESCOPE Magazine：http://www.tel.co.jp/museum/magazine/manufacture/130920_topics_01/index.html（参照2016-2-6）
5) 貝原俊也，谷水義隆，西竜志：「サプライチェーンマネジメント講座4－企業間の戦略的提携－」，朝倉書店，2011
6）谷水義隆，山中聖彦，小澤知里，岩村幸治，杉村延広：動的サプライチェーンにおける適応戦略の構築に関する研究（フレームワークと2 階層モデルの提案），日本機械学会論文集, Vol.75, No.756, pp.257-264, 2009
7) 谷水義隆，山崎仁博，岩村幸治，杉村延広:信頼性を考慮した動的サプライチェーンの適応戦略の評価，精密工学会学術講演会講演論文集 2010A(0), pp.95-96, 2010
8) 前田泰宏，谷水義隆，杉村延広：生産スケジュールを考慮した動的サプライチェーンに関する研究―複数のオーダに対するオファの生成―，精密工学会学術講演会講演論文集 2006A(0), pp.25-26, 2006
9)（社）電気学会 進化技術応用調査専門委員会：「進化技術ハンドブック 第I巻 基礎編」，近代科学社, 2010
10)（社）電気学会 進化技術応用調査専門委員会：「進化技術ハンドブック 第III巻 応用編:生産・物流システム」，近代科学社, 2012