



Coalition formation based negotiation protocol for supply chain networks using game theory

Yu, Fang

(Degree)

博士 (工学)

(Date of Degree)

2013-09-25

(Date of Publication)

2014-09-01

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲第5945号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1005945>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



論文内容の要旨

氏 名 余 芳

専 攻 システム科学専攻

論文題目 (外国語の場合は、その和訳を併記すること。)

Coalition formation based negotiation protocol for supply chain networks using game theory

(ゲーム理論を用いたサプライチェーン・ネットワークのための提携形成に基づく交渉プロトコル)

指導教員 貝原 俊也

(注) 2, 000 字～4, 000 字でまとめること。

This dissertation focuses on multi-agent based negotiation between manufacturer agent (MA) and material supplier agent (MSA) of supply chain networks when orders of MAs are out of abilities of MSAs. Four different types of negotiations are discussed in this dissertation: single-attribute single-item (SASI) negotiation, single-attribute multi-item (SAMI) negotiation, multi-attribute single-item (MASI) negotiation, and multi-attribute multi-item (MAMI) negotiation.

A coalition formation based negotiation protocol is proposed in this dissertation to solve above mentioned negotiations. MSA are allowed to find partners to establish coalitions when orders of MAs are out of their abilities. A coalition can be established if and only if all members in coalition reach an agreement. The coalition, which maximizes profit of the out ability MSA, is determined as final coalition. A combined coalition formation protocol, which combines coalition formation for complementary and coalition formation for substitution, is proposed when multi-item are involved in negotiation. Lead time changes in multi-attribute negotiation which lead to the change of abilities of MSAs. In that case, coalitions which are in ability at initial step may become out of ability during negotiation. A modified coalition formation protocol, in which coalitions of MSAs change at each negotiation step, is proposed for negotiation when multi-attribute involved. After coalition is determined, profits are allocated according to contributions of members in order to keep stability of coalition.

Then, negotiation between MAs and MSAs (coalitions) starts to determine equilibriums. MAs in this dissertation are assumed have initiatives and more negotiation power. MAs choose strategies firstly and then MSAs observes MAs decisions and make their own strategies. Thus, iteration of negotiation between MA and MSA (coalition) to determine equilibrium can be seen as MA-Stackelberg game to find the Stackelberg equilibrium. In Stackelberg game, the leader must know ex ante that the follower observes his action. The follower must have no means of committing to a future non-Stackelberg follower action and the leader must know this. Indeed, if the "follower" could commit to a Stackelberg leader action and the "leader" knew this, the leader's best response would be to play a Stackelberg follower action. MAs and MSAs (coalitions) in MA-Stackelberg game determine their strategies according to their own preferences, and concessions among attributes and (or) items are considered to trade off one attribute and (or) item for another attribute

(氏名: 余 芳 NO. 2)

and (or) item when multi-attribute and (or) multi-item are involved in negotiation. Weights for attributes are provided for MAs and MSAs (coalitions) to determine their own preferences. Strategy of MA which maximizes MA's profit and accepted by MSA will be determined as the final equilibrium.

Finally, MAs negotiate with MSAs (coalitions) to determine final allocation scheme which maximizes overall profit of supply chain networks. A two-person like game is introduced to determine final allocation scheme, where all MAs are combined together as player 1 and all MSAs are considered as player 2. Strategy of player 1 is allocation scheme of assigning MAs to MSAs, and strategy of player 2 is allocation scheme of assigning obtained orders from MAs to coalitions of MSAs. Objective of the game is to decide strategies of players which can maximize total profit of supply chain networks. Therefore, allocation scheme can be called as an equilibrium of the game if none of members of the players can benefit by changing its strategy while the other player keep its strategy unchanging. The proposed method, which decomposes $I \times J$ game into J-person cooperative game to find coalition if necessary, two-person Stackelberg game to find equilibrium, and two-person game to determine final allocation scheme, is a goody way to solve $I \times J$ game and greatly reduce complexity to solve $I \times J$ game.

It's verified that proposed protocols are feasible and effective in solving all four kinds of negotiations and are reciprocal protocols for both MAs and MSAs. For MAs, they can reduce costs to divide orders into pieces and allocate to different MSAs by selecting coalitions to keep integrities of orders, and reduce costs to buy materials by selecting suppliers which have lower price but once have been abandoned due to their limited abilities. For MSAs, the small-and-medium-sized MSAs have more opportunities to win orders which were once out of their abilities by establishing coalition. In addition, the proposed protocols can increase competitiveness of market. Furthermore, the proposed protocols are very flexible, because all MAs and MSAs can define weights of attributes and concession rates among different attributes and (or) items according to their own preferences. They not only can tradeoff one attribute to another, but also can tradeoff one item to another in order to maximize their total profits of whole order according to their own preferences rather than maximize each attribute or item.

(別紙1)

論文審査の結果の要旨

氏名	余 芳		
論文 題目	Coalition formation based negotiation protocol for supply chain networks using game theory ゲーム理論を用いたサプライチェーン・ネットワークのための提携形成に基づく交渉プロトコル		
審査委員	区 分	職 名	氏 名
	主 査	教 授	鳩野 逸生
	副 査	教 授	貝原 俊也
	副 査	教 授	玉置 久
	副 査	准教授	藤井 信忠
	副 査		
印			
要 旨			
サプライチェーン・ネットワークとは、原材料・部品供給業者から組立メーカー、卸売業者、小売業者そして最終消費者へと流れるモノの供給連鎖、すなわち供給者（サプライヤ）から最終需要者（カスタマ）に至るまでの、調達・生産・物流・販売といったすべてのビジネス過程を含むネットワークである。そして、モノづくりに関するグローバル化の進展により、効率的なサプライチェーン・ネットワークの形成には、参画する企業同士を如何にして有機的かつ効率的に提携させるかが重要な課題となっている。これには、一般に相反しやすい個々の企業の利己的な戦略とサプライチェーン全体を見通した最適な戦略を、いかにして同期させながら合理的な提携を形成するかといった課題に対する検討が必要となる。 このような背景の下、本研究では、サプライチェーンの基本単位となる生産エージェント（MA: Manufacturer Agent）および材料サプライヤーエージェント（MSA: Material Supplier Agent）間の合意形成に焦点を当て、サプライチェーン内企業の合理的な提携を目指し、単一属性単一品種（SASI: Single Attribute Single Item）交渉、単一属性多品種（SAMI: Single Attribute Multi Item）交渉、多属性単一品種（MASI: Multiple Attribute Single Item）交渉、多属性多品種（MAMI: Multiple Attribute Multiple Item）交渉、といった4種類の提携条件における交渉プロトコルを提案し、それぞれの有効性について理論的考察を行っている。 まず第1章では、本研究の背景として、サプライチェーンの現状やサプライチェーン・ネットワークにおける合意形成に関する文献調査およびサーベイを行った後、第2章では、マルチエージェントシステムを用いた交渉メカニズムに関する基本的な概念の紹介とここで利用しているゲーム理論についての特徴について説明を行い、それらを統合化することの有効性について概説している。 第3章では、ゲーム理論を用いたサプライチェーン・ネットワークのための提携形成における最もシンプルな交渉形態として、まずSASI交渉プロトコルを提案している。MSAは、MAの発注量とそのMSAの許容量を超える場合に、提携を成立させるために他のMSAとの協力関係を模索する。そして提携は、全ての交渉参加者が合意に達する場合にのみ確立することができる。協力したMSAの総利益を最大化する提携を求めた後、MAとMSA間で均衡を決定するための交渉が開始される。MAはMSAより交渉力を持ち優位であると仮定する。MAはまず戦略を選択し、MSAはMAの決定を確認した後に自身の戦略を作る。従って、均衡を決定するMAとMSAとの間の交渉の反復はシュタッケルベルグ均衡を見つけること、すなわちシュタッケルベルグゲームとして見なすことができる。そしてこのシュタッケルベルグゲームにおいて、MSAによって受け入れ可能でありMAの利益を最大化する提携が最終的な均衡として決定される。このゲームの目的は、サプライチェーン・ネットワークの総利益を最大化する均衡を決定することであり、ここでは、提案手法の有効性を確認するとともに、提案されたプロトコルは他の手法より利益を向上させることができることを確認している。 次に第4章では、取り扱う品種に関する組合せ提携に基づいたSAMI交渉プロトコルを提案する。そしてここでは、取り扱われる品種に関し補完的な提携形成と代替的な提携形成という2種類の状況を対象としている。補完的な提携形成では、ある品種が供給不足となるMSAにおいて、その品種を生産可能な他のMSAをパートナーとした提携を行う。一方、代替的な提携形成では、ある品種を生産できないMSAがその品種を単独で生産可能なMSAのみをパートナーとして提携を実施する。これらの提携を決定後、SASI交渉と同様に均衡状態を求め、交渉によりMAとの最終の提携形態を決定する。その際、総利益を最大化する提携関係を最終的に求解する。ここでも、計算機実験により提案する2種類の組合せ提携に対しその特性評価と有効性を確認している。			

氏名	余 芳
第5章では、交渉における属性の種類を拡張した提携形成を対象とするMASI交渉プロトコルを提案する。この多属性交渉では、MSA の提携が各交渉ステップにおいて段階的に実施される。すなわち各ステップにおいてSASI交渉を用いて均衡を決定し、段階的に各属性に関する収束点を探索しながら提携の形成を実施し、最終的には総利益を最大化する提携の形成が行われる。ここで提案するMASI交渉プロトコルは、他の一般的な手法よりも短時間で合理的な提携を実現させることを確認している。 次に第6章では、SAMI交渉とMASI交渉を統合化し、取り扱う品種に関する組合せ提携において多属性の交渉を行うMAMI交渉プロトコルを提案する。本プロトコルでは、取り扱われる品種に関し補完的な提携形成と代替的な提携形成という2種類の状況下で、MASI交渉と同様に各交渉ステップにおいてSASI交渉を実施し、最終的な均衡状態を求める。その結果、総利益を最大化する形態が最終的な割り当て方式として決定される。ここでは、提案するMAMI効用プロトコルの有効性を確認し、各属性の重みと最終的に形成される提携結果の関係性について検証を行っている。最後に、本研究で提案した4つの交渉プロトコルを比較した結果、多属性交渉と多品種交渉が単一属性交渉と単一品種交渉に比べ、現実的な状況への対応が可能という点で優れているという結論を得たことが示されている。 以上のように本研究は、全体最適化が困難なサプライチェーン・ネットワークにおける提携形成問題に対し、ゲーム理論とマルチエージェントシステムに基づく交渉プロトコルを新たに提案し、代表的な4つの状況下における定式化とその有効性を検証しており、今後のグローバルなモノづくりににおけるサプライチェーン全体を考慮した生産性の向上に大きく貢献する内容である。よって、学位申請者の余芳は、博士(工学)の学位を得る資格があると認める。	