

# 合意内容の事後更新を可能とする並行多論点交渉手法と そのクラウド資源配分問題への適用

A Preliminary Approach for Concurrent Multi Issue Updatable Negotiations and Its Application to Resource Allocation on the Cloud Computing

石川貴文 福田直樹  
Takafumi Ishikawa Naoki Fukuta

静岡大学大学院情報学研究科  
Graduate School of Informatics, Shizuoka University

It is said that the volatilities in resource usage in cloud environment could be higher than that of stock indexes. To fully utilize and balance those volatile resource needs among multiple clouds, we need a system for federated cloud-based allocation that can allocate left resource efficiently. There is a certain probability to face a situation that a cloud user or even cloud providers may fail in estimating the usages and their costs. Also there could be a situation that a cloud provider's utility space has to be changed during the negotiation period when three or more agents are negotiating simultaneously, since the results of the agreements through the negotiation would be affected by other ongoing negotiations whose necessary resources were shared each other. We consider that, a kind of post updating may be necessary to an agreement obtained in a previous negotiation. In this paper, we discuss about the realization of updatable concurrent multi issue negotiation which is applicable to such a situation.

## 1. はじめに

グリッド・コンピューティングやクラウド・コンピューティングへのマルチエージェント技術の適用についての研究はこれまでに数多く行われてきている [1, 2, 6, 10, 11, 12, 13, 14]. 文献 [1] では, エージェント間交渉を用いることにより, 価格や条件を個別に柔軟に変更することでクラウド資源を効率よく配分できる可能性が指摘されている. 本研究では, 効果的な複合クラウドを動的かつ自動に構築可能とするために, 自動交渉技術を用いることを考える. 自動交渉技術を用いることで, 固定料金制 (各クラウドサービスプロバイダが事前に決めた料金表) の体系では実現の難しいような柔軟な条件で, クラウドを利用できるようになると同時に, クラウド資源提供側も自身の計算資源等の運用の都合などに合わせたサービスの提供条件の変更を利用者側に促しやすくなることが期待できる.

クラウド・コンピューティングの利用において, サービスの開始時点では事前にサービスの利用者数や見込まれる利益が予想できない場合に, 小さな規模からサービスを開始させておいて, クラウドにおけるスケール拡張の容易性の利点を活かしてサービスを大規模化していくことができるといわれる [14]. 一方で, クラウドのユーザという立場になるアプリケーションサービスプロバイダは, サービス開始時点で合意した内容が, その後のアプリケーション運用にとって常に適切なコストにおさまることが保証されるとは限らず, アプリケーションサービスの利用状況の変化の内容によっては, その契約内容に対するコストがまかないきれなくなる場合も考えられる. またクラウドプロバイダにとっても, 採算が合わずアプリケーションサービスがクラウド資源の利用を停止してしまった場合, 継続的にクラウド環境を維持していくためのコスト計算が難しいものになる.

すでに文献 [16] で述べたとおり, このような環境を考えた場合, クラウドプロバイダ側は, 自身の保有するリソースの利用状況によって, 効用空間が変化することがある. 例えば, ストレージが多く余っていればその重みは以前よりも高くな

り, 逆に, ストレージの余りが少ない場合, その重みは小さくなる, といったことが生じる. 文献 [16] では, そのような場合を考慮した交渉戦略について論じたが, もしも, 交渉成立後にあらためて交渉を行うことができれば, プロバイダの効用空間が変化することで, 以前の合意内容よりも, より高い効用を得られる内容で再契約できる可能性があった.

本研究では, 複数者間での並列多論点交渉において, 交渉終了後に合意内容の更新・変更を可能とする交渉プロトコルと, そのクラウドコンピューティング上における資源配分問題への適用について検討する.

## 2. 想定するシナリオ

合意内容の再更新のために再度交渉を行う場合, 交渉相手の効用空間をある程度予想することができる. 前回の合意内容やその過程の情報から相手の効用空間を予測し, 高い効用を得られる合意点をより短時間で見つけることができる可能性がある.

交渉において, ユーザとプロバイダの合意内容は公開しないとしているが, 合意内容を公開し, ユーザ同時やプロバイダ同時に競合を発生させることで, より高い効用を得ることができると考えられる.

エージェントの効用空間は制約を用いて表現する [5, 7, 8, 9]. 各エージェントは  $w_i \in W$  の重みを, 各論点  $i$ , について持ち, 制約  $c_i \in C$  が, 提案  $X = \{x_1, \dots, x_i\}$  により充足された場合,  $c_i(x_i) \in C$ , と表現し, 以下のように計算される:

$$U(X) = \sigma^i x_i \cdot c_i(x_i) \cdot w_i$$

例えば, ユーザが同意した提案を  $X = [100, 8, 4, 2, 5000]$  とし, 書く論点に対する重みを  $W = [50, 200, 100, 100, -1]$  とすると, 制約を考慮しない場合, 契約によってユーザが得ることができる効用値は 2200 となる. 制約による影響を考慮する場合, 例えば, 制約  $c_1$  が値域  $[50, 100]$  の範囲で値 0.5 を持つとすれば, 論点 1 による効用は 2500 ( $u_1 = 100 * 50 * 0.5$ ) となる.

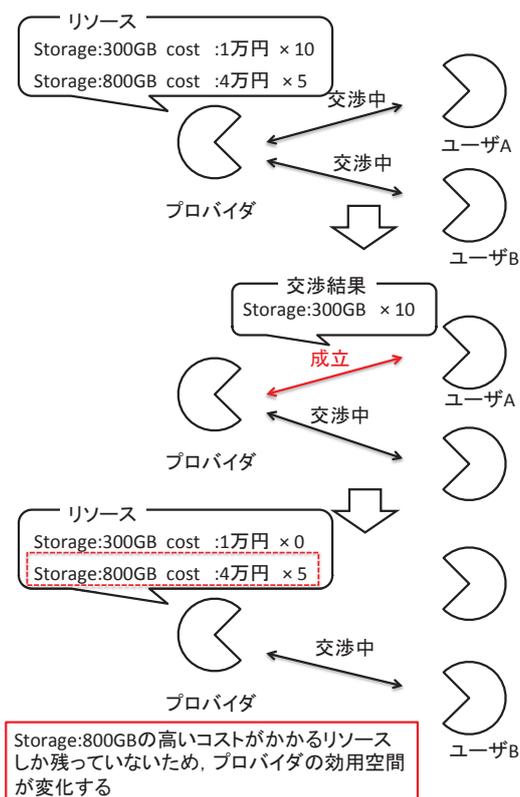


図 1: 交渉中の効用空間の変化例

## 2.1 交渉中における効用空間の変化

本稿では、多者間交渉において、先に成立した交渉の結果が、まだ継続中である交渉に影響を与える場合について考える。あるエージェントが複数のエージェントと同時に交渉している場合、先に成立した交渉の結果により、エージェントの持つ効用空間が、残りのエージェントとの交渉中に変化する可能性がある。交渉中に効用空間が変化する様子を示した例を、図 1 に示す。クラウドサービスプロバイダは、ユーザ A、ユーザ B と同時に交渉を行なっている。交渉を行う当初は、クラウドサービスプロバイダはリソースとして、ストレージ容量が 300GB、提供コストが 1 万円かかるマシンを 10 台保有している。ユーザ A との交渉が先に成立し、その交渉結果は、3TB のストレージ容量であったとする。ユーザ A の要求に対し、プロバイダはストレージ容量が 300GB のマシンを 10 台確保することで提供する。この時、クラウドサービスプロバイダの保有するリソースの内、ストレージ 300GB のマシンはすべて使用されることとなる。余っているマシンはストレージ容量が 800GB、提供コストが 4 万円のマシンのみである。クラウドサービスプロバイダはユーザ B からの要求に、ストレージ容量が 800GB で提供コストが高くかかるマシンを使って提供するしかないので、クラウドサービスプロバイダの効用空間はユーザ B との交渉中に変化する。効用空間の変化に伴い、クラウドサービスプロバイダはユーザ B に対して、ユーザ A との交渉が成立する前と比べ、高い料金をユーザ B に提案することになる。

## 2.2 時間の経過に合わせた効用値の減少

本稿では、クラウドユーザとクラウドサービスプロバイダの交渉が発生する場面として、(i) クラウドユーザが既に契約

しているクラウドサービスプロバイダよりも、よりアプリケーションに適した契約を結べる可能性のあるプロバイダが存在する場合、および、(ii) クラウドユーザが既に契約しているクラウド環境上で運用するアプリケーションへのトラフィックの変化によって、現在のクラウドサービスプロバイダが、そのアプリケーションの運用に適さない状態になった場合、の 2 つが考えられる。これらの場合における交渉を適切にモデル化するためには、交渉時間の経過に伴い、得られる効用値の減少するモデルの利用が有効な場合があるのではないかと考えられる。

(i) の場合、クラウドユーザがクラウドサービスプロバイダを変更することで本来得られるはずの効用値の分、効用値の減少が発生する。よりクラウドユーザのアプリケーションに適したクラウド環境で運用することにより、アプリケーションの運用コストを抑える事ができる可能性がある。この時、クラウドサービスプロバイダに全く譲歩せず、クラウドユーザにとって高い効用値が得られるような offer ばかりを提案すれば、この交渉は長引く。この際、もし素早く契約しアプリケーションを移動させれば得られたはずの利益を、クラウドユーザは得られないことになる。そのため、交渉を素早く成立させるために、交渉時間の経過に伴う得られる効用値の減少に対する考慮が必要となる。

(ii) の場合、アプリケーションに適さないクラウド環境を使い続けることによって、効用値の減少が発生する。現在アプリケーションを運用しているクラウドが、アクセス数やトラフィック量の変化などによって、そのアプリケーションを運用するのに適さなくなった場合、不利益が発生する。この際、交渉が長引き、そのクラウドでのアプリケーションの実行時間が長くなれば、その分発生する損害も大きくなる。そのため、ユーザが得られる効用値は時間が経過するに連れて減少すると考えられる。

プロバイダの場合は、リソースの管理にかかる維持費により、時間の経過とともに効用値が減少する。使用されていないリソースにも、電気料金の基本料や、管理者の件費などが発生するため、リソースが利用されない時間が多ければ、その分、不利益が発生し、プロバイダの得られる効用値は時間とともに減少すると考えられる。

このような効用値の減少の考えは既に、エージェント間交渉の国際的な競技会である ANAC<sup>\*1</sup> などでは取り入れられているが、減少する効用値の定義は単純な線形関数で表すのでは不十分である。例えば、ある時点で、ユーザの運用するアプリケーションのデータ通信量が増大し、現在のクラウド環境では大きな不利益が発生する場合、その時点から、時間と共に減少する効用値の数値は大きくなり、早急に別のクラウドプロバイダと契約を結ぶ必要が出てくる。また、プロバイダも利用されないリソースの割合の変化に応じて、効用値の減少値も変化すると考えられる。そのため、効用値の減少は単純な線形関数では不十分であり、また、交渉相手毎に効用値の減少の形は異なる。よって、本研究で試作するシステムには、エージェント毎に、時間の経過に連れ減少する効用値の数値を定義することが可能な仕組みを実装する。

## 3. 再交渉可能な交渉プロトコルとキャンセル料の導入

### 3.1 再交渉可能な交渉プロトコル

以下に、交渉後に再交渉を可能とするような交渉プロトコルとして、本稿で導入するものを示す。

\*1 <http://anac2012.ecs.soton.ac.uk/>

- 1. ユーザとプロバイダは1対1の交渉を開始する。この時、キャンセル料金を論点の一つとして扱い交渉を行う。
- 2. 交渉が成立した場合終了する。また、不成立だった場合は以後交渉は行わない。
- 3. 交渉終了後、ユーザは再交渉が必要であった場合、プロバイダに対し再交渉の申し込みを行う。その際、以前の交渉で合意したキャンセル料（詳細は3.2節にて示す）をプロバイダ側に支払う。
- 4. プロバイダが再交渉に同意した場合、再交渉を行う。ユーザとプロバイダは以前に合意した合意内容を記録している。ユーザとプロバイダの双方は再交渉の際、効用空間を再設定を行うことができる。

### 3.2 キャンセル料の導入

ここでいうキャンセル料とは、以前に合意した内容を破棄するために、再交渉を申し込む際に支払う料金の事を言う。以前の合意内容の破棄に何の制約もない場合、契約の破棄が頻繁に発生し、ユーザもプロバイダ双方に対し損害が発生する可能性がある。そのため、以前の合意内容を破棄する場合、キャンセル料を支払うこととする。

キャンセル料の導入に関して(1)支払うキャンセル料として支払う料金を共通にする、(2)キャンセル料として支払う金額を交渉の条件として扱う、という方法が考えられる。(1)の場合、キャンセル料金を支払ったとしても高い利益(効用)を得ることが出来る相手がいる場合、キャンセル料を支払い別の相手と交渉することが発生する可能性がある。(2)の場合、キャンセル料として支払う料金を交渉の論点の一つとして扱う。はじめの合意内容から更新する可能性が小さい場合、高いキャンセル料金を設定する。反対に、更新する可能性が高い場合、キャンセル料金を低く設定する。キャンセル料を交渉の論点として扱うことの利点として、プロバイダ側には最低限の収入を確保できるということがある。例えば、サービスの提供するのに、新たな機材の導入にかかるコストやその整備にかかる人件費、などを回収することが保証される。サービスの提供のために準備したが結局利用されず、人件費と導入費だけが発生するという状況を防ぐことができる。ユーザ側の利点として、キャンセル料金を高く設定することで、プロバイダからより譲歩を引き出す事ができる可能性がある。ユーザが支払うキャンセル料金を高く設定した場合、プロバイダ側にとってそのユーザは、最低限の導入コストを回収できる見込みのある相手となる。プロバイダ側は、行動戦略として、より高い効用にこだわるよりも、最悪の結果を避けるといった戦略(ミニマックス戦略)をとる可能性がある。そのため、最高の効用は得られないかもしれないが、最低限の効用を得るために、ユーザ側にある程度譲歩することが考えられる。

## 4. システムの実装例

図2に、本プロトコルを導入したシステムの実装例を示す。本システムはMiLog[4]というマルチエージェントプラットフォームを利用して実装する。本システムでは、合意内容に対する再交渉の機能を次のように実装する。図2のAではuser1のとcloud1との交渉はすでに合意している。user1は待機状態となっており、cloud1はuser2, user3と交渉を継続している。

図3は、user1の待機状態を実装するコードの一部であり、*renegotiation\_check*でuser1は、再交渉をする必要があるか判断し、再交渉の必要が有る場合には、*renegotiation\_request*

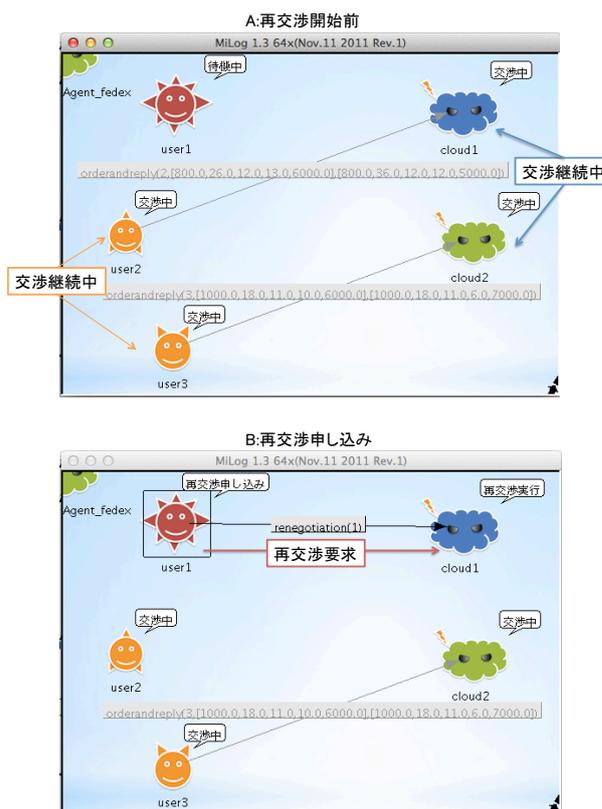


図 2: システムの実装例

```
sleep_mode:-writeDebug("待機中"),
loop,sleep(1000),
renegotiation_check,
writeDebug("再交渉申し込み"),
renegotiation_request.
```

図 3: コード例：待機中

にて再交渉を交渉相手に求める。図2のBではuser1がcloud1に再交渉の申し込みをする例を示している。cloud1が再交渉に同意したならば、user1はcloud1に対して、以前に合意した内容に対し再交渉を行う。

本システムにおける交渉プロトコルでは、キャンセル料を論点の一つとして扱い、userは再交渉を行う際、cloudに以前に合意したキャンセル料を支払う。userは再交渉の際、効用空間を再設定することができる。cloudは、以前の交渉で設定した効用空間を利用してもよいし、新たに効用空間を設定してもよい。本システムでは複数者間における交渉を想定しており、前章のような交渉中の効用空間の変化が想定されるため、ユーザとプロバイダ双方に、交渉中の効用空間の変化を扱う機能を実装している。

## 5. おわりに

本研究では、資源の利用可能性が確率的にしか定義されない環境下において、交渉の合意内容の事後変更を可能にした場合に適用可能な並行多論点交渉手法について検討した。想定し

たいくつかの手法をシステムに実験的に実装を行った。今後の課題として、本論文では発生しないものと仮定した、エージェントの途中参加・離脱が発生する環境への適用が考えられる。このような場合、交渉開始時に最も高い効用を得られる可能性があるエージェントが交渉途中で離脱する可能性がある。

また、エージェントのマッチング問題が課題となる。ユーザとプロバイダの効用空間を非公開な状態で、互いに高い効用を得られる可能性がある交渉相手を選択することが課題となる。例えば、SLA[3]やレスポンスタイムなど、交渉の論点としては扱えないような要素、つまり、細かな設定ができないような要素などはある程度公開し、適した相手を選択する手法が考えられる。

または、仲介者エージェントを導入する手法などが考えられるが、仲介者が特定のユーザやプロバイダと癒着をしないことを保証できない。また、そもそも、現在のクラウド環境がそのような仲介者エージェントを導入できる状態にあるとはかぎらない。そのような環境下でも、本研究で実装した手法が適用可能か評価することが今後の課題となる。また、本研究が想定する状況では、一つのプロバイダに対して、複数のユーザからの Offer が提案された場合、ユーザからの Offer の受け入れの優先順序の決め方によって、得られる効用は大きく変化する可能性がある。

現在のシステムの実装では、交渉相手のエージェントの代替案の短時間での差分に基づく簡易な方法で、交渉の優先順位を決定している。複数者間交渉の場合、個々のエージェントの交渉戦略に加え、総合的に得られる効用値を高くするためなどの目的で、個々のエージェントに対する交渉の優先度などを調整するような戦略を導入する必要がある。文献 [15] では、その全体の交渉を制御する戦略をメタ戦略として扱っており、メタ戦略の解析ツールの開発を行なっている。この解析ツールなどを利用して、本システムにおいて、全体として高い効用値が得られる高度なメタ戦略を導入することは今後の課題である。

## 参考文献

- [1] B. An, V. Lesser, D. Irwin, and M. Zink. Automated negotiation with decommitment for dynamic resource allocation in cloud computing. *Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS 2010)*, 1:981–988, 2010.
- [2] B. An, V. Lesser, D. Irwin, and M. Zink. Strategic agents for multi-resource negotiation. *Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS 2010)*, 23:114–153, 2011.
- [3] D. Breitgand. Sla-aware placement of multi- virtual machine elastic services in compute clouds. *Integrated Network Management (IM), IFIP/IEEE International Symposium*, pages 161–168, may 2011.
- [4] N. Fukuta, T. Ito, and T. Shintani. Milog: A mobile agent framework for implementing intelligent information agents with logic programming. In *In the Proceedings of the First Pacific Rim International Workshop on Intelligent Information Agents(PRIIA2000)*, pages 113–123, 2000.
- [5] H. Hattori, M. Klein, and T. Ito. A multi-phase protocol for negotiation with interdependent issues. In *Proceedings of the 2007 IEEE/WIC/ACM International Conference on Intelligent Agents Technology (IAT-2007)*, pages 153–159, 2007.
- [6] T. Ishikawa and N. Fukuta. Toward a framework for dynamic application allocation on federated clouds by automated negotiations. In *Proc. 2nd International Symposium on Green Computing and Sustainable Society(GCSS2012)*, pages 35–36, 2012.
- [7] T. Ishikawa and N. Fukuta. A prototype system for federated cloud-based resource allocation by automated negotiations using strategy changes. In *Proceedings of international workshop on Agent-based Complex Automated Negotiations(ACAN 2013)*, 2013. (to appear).
- [8] T. Ito, H. Hattori, and M. Klein. Multi-issue negotiation protocol for agents: Exploring nonlinear utility spaces. In *Proceedings of the 20th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-2007)*, pages 1347–1352, 2007. (full paper; poster presentation accepted).
- [9] T. Ito, M. Klein, and H. Hattori. A negotiation protocol for agents with nonlinear utility functions. In *Proceedings of the 21st National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-2006)*, 2006. (poster paper).
- [10] K. Sim. Grid resource negotiation: Survey and new directions. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part C*, 40:245–257, May 2010.
- [11] K. Sim. Complex and concurrent negotiations for multiple interrelated e-markets. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part B*, Published online for early access.
- [12] K. M. Sim. Agent-based cloud computing. *Special Issue on Cloud Computing in IEEE Transactions on Services Computing (IEEE TSC)*, 5(4):564–577, December 2012.
- [13] K. M. Sim and B. Shi. Concurrent negotiation and coordination for grid resource coallocation. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part B*, 40:753–766, 2010.
- [14] S. Son and K. M. Sim. A price-timeslot negotiation for cloud service reservation. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part B*, 42(3):713–728, june 2012.
- [15] Y. Tsuruhashi and N. Fukuta. A preliminary toolkit for analyzing meta-strategies in simultaneous negotiations among agents. In *Proc. IIAI International Symposium on Applied Informatics*, pages 26–29, 2012.
- [16] 石川貴文, 福田直樹. 効用空間の変化に応じた戦略切り替えを用いた交渉に基づくクラウド資源配置システムの試作. In 合同エージェントワークショップ&シンポジウム JAWS(Joint Agent Workshop and Symposium), 2012.