

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 20 日現在

機関番号：82636

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011～2012

課題番号：23700185

研究課題名（和文）

サービスコンピューティングにおける品質・価格差是正のための実行制御

研究課題名（英文）

Service Execution Control for Mediating Price and Quality

研究代表者

田仲 正弘 (TANAKA MASAHIRO)

独立行政法人情報通信研究機構・ユニバーサルコミュニケーション研究所情報分析研究室・研究員

研究者番号：70534444

研究成果の概要（和文）：サービス連携におけるサービス選択の直感的なモデルは、提供者が価格・品質を提示し、利用者が制約を満たすようにサービスを選択するという逆オークション的なモデルである。しかしこの方法は、安定的な価格決定がなされず、最終的にサービス利用者の不利益につながることもある。そこで本研究では、VCGメカニズムを応用した価格決定手法を提案するとともに、動的計画法を拡張することで、価格決定を効率よく行うアルゴリズムを提案した。

研究成果の概要（英文）：One of the most typical models of service market is a reverse auction, where service providers offer their services at a certain price and a user selects a combination of the services. In the first price auction, however, a service that is cheaper and has better quality is not necessarily selected. Although VCG mechanism ensures strategy-proofness regarding pricing by service providers, implementing the VCG mechanism for service composition suffers from its computational cost. Thus, we propose a dynamic programming (DP) based algorithm for service selection and VCG payment calculation.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,700,000	810,000	3,510,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知能情報学

キーワード：サービスコンピューティング，サービス連携，シミュレーションフレームワーク

1. 研究開始当初の背景

サービスを単位としてソフトウェアシステムを構築するサービスコンピューティングは、異なる組織によって提供されるサービスの連携によって、再利用性・柔軟性の高いシステムを実現する。サービスとは、ここではネットワークを介して利用可能な一種のソフトウェアコンポーネントを意味するが、通常のソフトウェアコンポーネントと異なり、ソフトウェアの実体から計算リソースに至るまでが提供者によって隠蔽される。この特徴は、ソフトウェアの抽象性を増すことによる利便性をもたらす。例えば、複数のサー

ビスを連携させる複合サービスは、一般に、その構成要素となるサービスの機能的性質のみによって抽象的に定義される。これにより、複合サービスのビジネスロジックはそのままに、実行時の要件に基づいて、機能的に等価なサービスをその非機能的性質（応答速度、可用性など）に応じて選択できる。

このようなサービス連携を前提とした時、サービスの価格と品質に関する直感的なモデルは、以下のようなものである。サービス提供者は、自らのサービスについて価格と品質を提示する。また、サービス利用者は、価格の合計と全体の品質について、それぞれ上

限と下限を設定する。すなわちサービスの選択は、サービス利用者の価格と品質についての制約を満たすような、サービスの組み合わせを発見する問題となる。

このモデルは、多くのサービス連携の実行記述及び実行系に適合する。代表的なサービス連携の実行記述では、サービス連携はワークフローとして定義され、ワークフローの中に定められたサービス呼び出しは、サービスの機能的性質に基づいて抽象的に定義される。WS-BPEL など、実際のサービス連携のための記述の多くでは、サービス呼び出しはそのインターフェースのみによって抽象的に定義され、サービスを呼び出すエンドポイント（アドレス）は実行時に指定することが可能となっている。例えば、機械翻訳・形態素解析・辞書の3種のサービスを順に呼び出すことによって、専門用語辞書を用いた翻訳を行うサービス連携のワークフローを考える。これらのサービスの種類は、機能的性質によって定義される。従って、異なる非機能的性質を持つサービスが、さまざまな提供者によって提供される。非機能的性質とは、この例では機械翻訳の翻訳品質・実行速度、辞書のコンテンツなどに相当する。これらのサービスは、インターフェースが一致すれば、実行時にその非機能的性質に応じて、適切なサービスが選択可能である。同種のサービスの集合は、サービスクラスタと呼ばれる。それぞれのサービスには価格と品質が設定されている。同様に、サービス利用者も、サービス連携全体での最高価格・最低品質について定めている。したがって、サービス選択は、それぞれのサービスクラスタから、制約を満たすサービスの組み合わせを発見する問題として定式化される。

サービスの価格と品質については、機能的に等価なサービスが多数提供された時には、市場の原理によって適切な品質と価格に落ち着くことが期待される。しかし、サービス連携においては、サービスの品質と価格は市場の原理が十分に働くとは限らず、高品質かつ低価格、または低品質かつ高価格なサービスが存在する。これは次の理由による。サービス利用者は通常、複合サービス全体に対して品質と価格の要求を定める。そのため、複合サービスを構成するサービス（原子サービス）の一部が高品質かつ低価格であれば、残りのサービスは低品質かつ高価格でも、全体としての要件を満たす。この結果、低品質かつ高価格なサービスの提供者は、大きな利益を得ることができる。しかし、全てのサービス提供者が低品質かつ高価格に設定すると、複合サービス全体の要件を満たせず、報酬が得られなくなる。これは、全てのサービス提供者の不利益につながる。

2. 研究の目的

本研究では、サービス提供者が安定的な価格提示を行うための制度の実現を目的とする。前節に示したサービス選択のモデルでは、サービス提供者にとって価格提示は、他のサービス提供者の提示価格と、サービス利用者の予算に基づいて決めることになる。しかしこのような逆オークション的なモデルでは、安定的な価格決定がなされず、高品質・低価格で提供できるサービスでも選択できないことになる。これは最終的にサービス利用者の不利益につながる。

問題の例として、二つのサービス A, B について、その（コスト、品質）がそれぞれ (10, 5), (12, 5) である場合を考える。それぞれのサービスの提供者は、サービスの提供によって利益を得るため、コスト以上の価格を設定しなくてはならない。しかしながら、もしもう一方のサービス提供者が、より安い価格を設定すると、品質は同じであるために、安い方のサービスが選択される。すなわち、サービス A が価格を 14 に、B が 13 に設定すると、実際のコストとは関係なく、サービス B が選択される。

また、（コスト、品質）がそれぞれ (10, 6), (12, 5) の場合を考える。この場合も、サービス A が価格を 14 に、B が 13 に設定したとする。サービス利用者の許容する最大価格が 13.5 であった場合、品質が低くコストは高いにも関わらず、サービス B が選択される。サービス A は価格付けを誤ったために、利益を得られなかったということになる。

本研究では、サービス提供者への支払い額を調整することによって、サービス提供者が必要とする最低限の額（提供にかかる実際のコスト）を申告するようなメカニズムを実現する。

3. 研究の方法

組み合わせオークション等において、安定的な価格付けを実現するため、Vickrey - Clarke - Groves (VCG) メカニズムと呼ばれるメカニズムが知られている。VCG メカニズムにおいては、参加者は自分の情報（メカニズムデザインにおいてタイプと呼ばれる）を正直に申告することが支配戦略となる。

本研究では、VCG メカニズムによる支払額の決定を、サービス連携におけるサービス提供者への支払額への決定に適用する。ここでは、サービス提供者は、自らのサービスのコストを正直に申告することが支配戦略となる。そのため、前節で述べたような、コスト・品質のいずれも他のサービスより有利なサービスが選択されなくなることは起きなくなる。

4. 研究成果

本研究では、VCG メカニズムを応用した、サービス提供者への支払額の決定手法を提案した。これによって、安定的にサービスの価格が決定される。

また、VCG メカニズムに基づく支払い額の計算を効率化するアルゴリズムを提案した。VCG メカニズムの理論的性質は広く研究されているが、実現にあたってはその計算量が課題となる。すなわち、提案手法に基づいて VCG メカニズムによる支払いを計算するには、サービス連携が N 個のサービスクラスタからの選択を行う時、サービスの組み合わせの決定問題を $N+1$ 回解かなければならない。品質ができるだけ高く、価格が制約に収まるようなサービスの組み合わせの決定は、それ自体 NP 困難であり、扱うサービスの規模が大きくなると、支払いの計算が難しくなる。多くの近似アルゴリズムが提案されているが、近似解では VCG メカニズムの持つ性質が保たれない。そこで本研究では、動的計画法を拡張したアルゴリズムによって、この計算を効率化することを試みた。繰り返し実行されるサービスの組み合わせの決定において、前回の計算を再利用することで、計算量を小さくする。

実験的評価によって、提案手法が単純な動的計画法の適用と比較して大幅に高速であること、また実用上十分な規模のサービス連携に対して適用可能であることを示した。図 2 に、実験的評価の結果を示す。

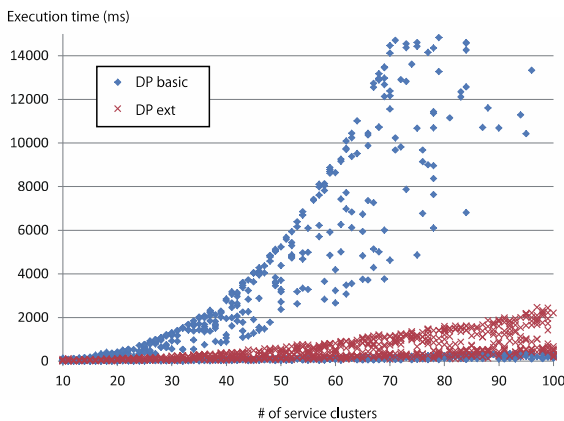


図 2 サービスクラスタの数と計算時間

横軸はサービスクラスタの数であり、縦軸は支払いの計算に要した時間である。青い点は、通常の動的計画法による所要時間である。赤い点は、提案するアルゴリズムによる所要時間である。通常の動的計画法では、サービスクラスタの数が増加するに従い、指数的に所要時間が大きくなる一方で、提案したアルゴリズムでは所要時間は遥かに小さいことがわかる。いずれのアルゴリズムにおいても、所要時間には 2 パターンの集合があるが、これは制約を満たすサービスが見つからない

場合、ほとんど時間を要さないためである。

図 3 に、サービスクラスタあたりのサービス数の影響を示す。横軸はサービスクラスタあたりのサービス数であり、縦軸は所要時間である。

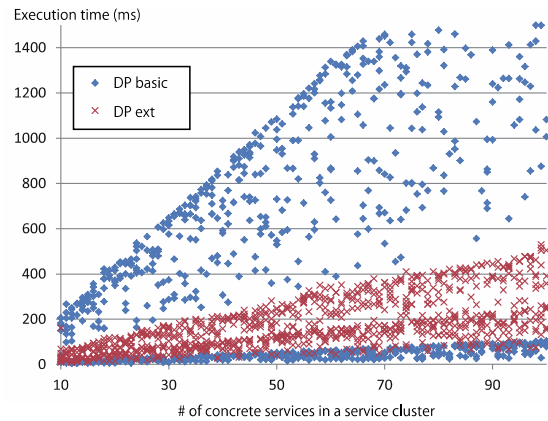


図 3 サービスクラスタのサイズと計算時間

図 2 と同様、青い点は、通常の動的計画法による所要時間である。赤い点は、提案するアルゴリズムによる所要時間である。図 3 においても、所要時間には 2 パターンの集合があり、時間が短い方は、制約を満たすサービスが見つからなかった場合である。この図に示すように、制約を満たすサービスが見つからない場合には、提案手法の方が所要時間は長くなる。これは、提案手法が動的計画法の計算を行う過程で、計算経過のキャッシュを行うことによる。

これらの成果は、サービスコンピューティング分野における主要な国際会議の一つである Services Computing Conference (SCC 2013) に採録が決定している。

さらに、価格決定及び利益配分方式の理論的性質と実性能を一般的に確認するため、サービス利用者がサービス要求を提示し、複数のサービス提供者が価格と共に自らのサービスを提示するシミュレーションフレームワークを開発した。このシミュレーションフレームワーク上では、ユーザが任意のサービス利用者・サービス提供者の戦略、及び利益配分の制度(メカニズム)を設定できる。これにより、サービス利用者・サービス提供者の戦略や、利益配分の制度が、価格決定にどのような影響を与えるかを分析することを可能とする。前述の利益配分アルゴリズムの評価は、このフレームワークを用いて行われたものである。

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 2 件)

① Masahiro Tanaka, Yohei Murakami. An

Efficient Algorithm for
Strategy-proof Service Composition,
10th IEEE International Conference on
Services Computing (SCC 2013) June 29,
2013, Santa Clara Marriot, USA. (to
appear)

- ② 田仲正弘, 村上陽平, サービス/クラウド
下における価格付け, ソフトウェア工学
研究会ウィンターワークショップ サービス
指向セッション, pp. 75-76, 2013
年1月24日, ラフォーレ那須, 栃木県.
(査読なし)

[その他]

ホームページ等

[http://www2.nict.go.jp/univ-com/info_an
alysis/member/mtnk/index_jp.html](http://www2.nict.go.jp/univ-com/info_analysis/member/mtnk/index_jp.html)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田仲 正弘(TANAKA MASAHIRO)

独立行政法人情報通信研究機構・ユニバーサ
ルコミュニケーション研究所情報分析研究
室・研究員

研究者番号:70534444

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: