

多粒度リポジトリに基づく Web サービスの連携と評価

A mechanism and evaluation of Web service composition using multi-grain-size repository

高林 裕矢^{*1} 丹羽 治隆^{*1} 種田 光晴^{*1} 福田 直樹^{*2} 山口 高平^{*1}
 Yuya TAKABAYASHI Harutaka NIWA Mitsuharu TANEDA Naoki FUKUTA Takahira YAMAGUCHI

^{*1} 慶應義塾大学
 Keio University

^{*2} 静岡大学
 Shizuoka University

One of the issues of realizing the Semantic Web Services is to decompose user's tasks into web services. In order to realize tasks as web services, we have to manage the difference of grain sizes of tasks and web services. In this paper, we develop a multi-grain-size repository to overcome the issue. The repository is consisted of three layers which are called coarse-grain-size repository, middle-grain-size repository, and fine-grain-size repository, for each. The coarse grain-size repository contains vocabulary of user's tasks. The fine-grain-size repository contains web services described by OWL-S. The middle-grain-size repository manages the difference of grain sizes of other two repositories. We also propose a mechanism to decompose tasks into web services based on the repository

1. はじめに

計算機理解可能な Web の構築を目指すセマンティック Web[1]と、いかなるプラットフォームにも依存せずにアプリケーションの統合を可能とする技術である Web サービス[2]を統合し、計算機理解可能な Web サービスの構築を目指す、セマンティック Web サービスと呼ばれる[3]に関する研究が活発に行われている。セマンティック Web サービスは、Web 上に散在し、WSDL 記述によりインタフェース公開された Web サービスを、ユーザの要求に応じて発見、連携、実行可能とするものである。セマンティック Web サービスにおいて Web サービスを利用するには、登録、発見、選択、合成、仲介、および実行という一連の手続きが必要である。

本研究では、Web サービスの発見と選択に関わる課題に対して、Web サービスを利用するユーザのタスクを、Web サービスへと展開するメカニズムを提案する。タスクと Web サービスとの間の意味的な粒度のギャップを吸収するために、粗粒度、中粒度、および細粒度から構成される多粒度リポジトリを用いる。本研究では利用できる Web サービスの範囲を広げ、実世界への適用可能性を考察可能とするために、旅の窓口ホテル検索、Jorudan ルート検索など、現在 Web 上で一般的に利用できるアプリケーションに対してラッパーを構築することにより、Web サービスとして扱うことができるようにした。本研究では、旅行タスクを対象としリポジトリを構築する。

セマンティック Web サービスを実現するために必要とされる概念としては WSMO (Web Service Modeling Ontology) [1] ワーキンググループによって提案されたものがある。WSMO では、セマンティック Web サービスを実現するために必要となる概念的な要素として、ゴール (Goal)、オントロジー (Ontology)、Web サービス (Web Service)、およびメディエータ (Mediator) を与えている。ゴールは、Web サービスを利用するユーザの意図 (本研究ではタスクと呼ぶ) を表す。Web サービスは、ユーザの意図を実現するために、発見、連携、および実行されるソフトウェア実装部品である。オントロジーは、Web サービスおよび、その対象領域に関連する概念の体系を与える。メディエータは、ゴール間、ゴールと Web サービス間、Web サービス間、およびオン

トロジー間で生じる不一致を吸収するものであり、それぞれ GG-Mediator, WG-Mediator, WW-Mediator, OO-Mediator と呼ばれる。Web サービスの意味記述言語としては、OWL-S[5] が提案されている。WSMO では、Web サービスの意味記述として、アクション、およびオブジェクトマッチングによる Light Semantics, Precondition, および Effect に基づく Heavy Semantics が区別されており、将来的には両者を組み合わせた意味記述を行うことを目指している。

本研究では、WSMO が定める概念に対して、GG-Mediator と WG-Mediator との間の関係に表れるゴール (本研究ではタスク) の展開を粗粒度リポジトリで与え、WG-Mediator の目的であるゴールと Web サービスとのギャップを中粒度リポジトリを活用することにより解消することを目指す。

2. 多粒度リポジトリの構築

本節では、タスクの語彙と Web サービスとの間のギャップを吸収するための、多粒度リポジトリについて述べる。

2.1 粗粒度リポジトリの構築

粗粒度リポジトリはユーザのタスクの体系を含む。本研究では、ビジネスタスクを体系化した MIT の Process Handbook[8]の構造に基づき、タスク間の関係として IS-A, HAS-A の関係を与える。旅行ドメインにおける IS-A, HAS-A のタスク階層の一部を、それぞれ図 1, 図 2 に示す。IS-A 階層は、Atomic Task と Complex Task に分類される。Atomic Task は、ホテル検索のような手続きが具体的なタスクを体系化したものであり、Web サービスとして直接実現可能なタスクを含む。Complex Task は、旅行などの複合的なタスクや、Atomic Task の目的に当たる抽象的なタスク (例えば、“列車検索” は一般的に “交通機関の手配をする” という目的を持つ) を含む。Complex Task を具体的な Web サービスと結びつけて実行可能とするには、Atomic Task によって細分化するか、または手段を具体化する必要がある。HAS-A 階層は、複合的なタスクの細分化と、抽象的なタスクに対する手段の具体化という二つの役割を持ち、どちらの役割も HAS-A 関係により表される。図 2 に示す旅行タスク階層は、“旅行する” タスクを “往路の交通機関の手配”、“復路の交通機関の手配” という 2 つのサブタスクにより構成する。これは、“旅行する” タスクを、それを構成する手続きにより細分化してい

る例である。また，“列車旅行”が持つ“往路の列車の手配”タスクに対して“往路の列車検索”タスクを HAS-A として与えている。これは、列車準備する手段として列車検索を与えていることを意味する。

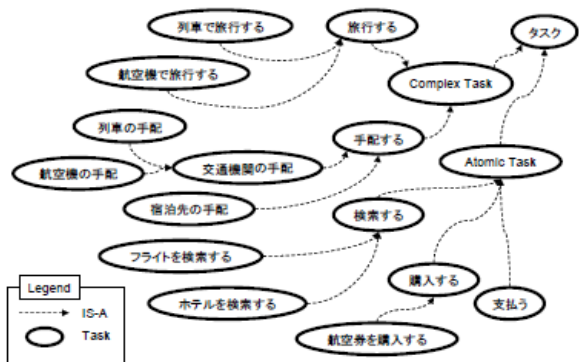


図 1：タスク間の IS-A 関係

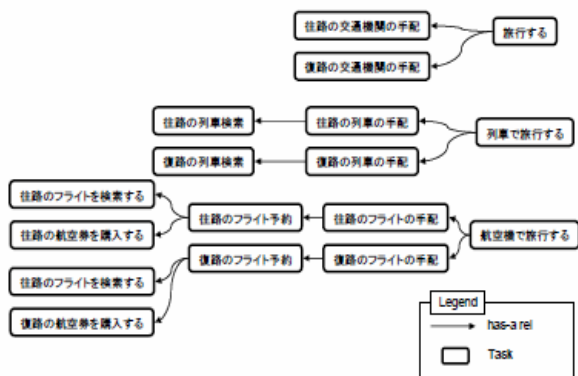


図 2：タスク間の HAS-A 関係

2.2 細粒度リポジトリの構築

細粒度リポジトリでは、Web サービスは意味的な情報(サービスセマンティクス)を与えられた状態で蓄積される。WSMO では、Web サービスの意味の記述として、Light Semantics と、Heavy Semantics とを区別している。Light Semantics は、サービスが持つ意味としてサービスの入出力概念とアクション(検索、配送、購入など)を記述する。このアプローチを基にした Web サービス発見の仕組みには[1]などが存在する。Heavy Semantics では、Web サービスの意味として事前状態(Precondition)、効果(Effect)を記述する。このアプローチを基にした Web サービスの発見の試みには[7]などが挙げられる。WSMO では、両者を統合したアプローチを目指している(図 3)。両方のアプローチを同時に利用することでより柔軟性のある発見のメカニズムを実現できる。しかしながら、現実的にはメタデータの記述コストの問題が生ずるため、メタデータの記述コストと発見の柔軟性のトレードオフを考慮する必要がある。

本研究では、Light Semantics を利用して、Web サービスの意味情報を記述する。これは、対象としているドメインとタスクを絞り込んでいるため、タスクと Web サービスとの間の対応付けにそれほど多様性が多くないためである。

2.3 中粒度リポジトリの構築

中粒度リポジトリは Web サービスのモデルを蓄積する。本研究では、Web サービスのモデルを、ロール概念と基本概念との対応付けにより与える。ロール概念[10]とは、抽象的なタスクが入出力として持つ概念である[9]。ただし、全てのタスクの入出力

がロール概念となるわけではない。例えば，“ルート検索”タスクは図 3 のように表される。この時，“出発地”や“到着地”がロール概念であり、これらは実体を持たない。

タスクを遂行するためには、タスクに対して Web サービスを対応付ける必要がある。例えば“ルート検索”タスクに対しては，“Joruda 乗り換え案内” Web サービスを対応付けることができる。

Web サービスの入出力は実体を持つ概念(基本概念)である。そのため、あるタスクに対して Web サービスを対応付けるためには、ロール概念に対して実体を持つ概念を与える必要がある。中粒度リポジトリは、タスクの入出力ロール概念に対して、その実体を与えることができる基本概念を定義する。

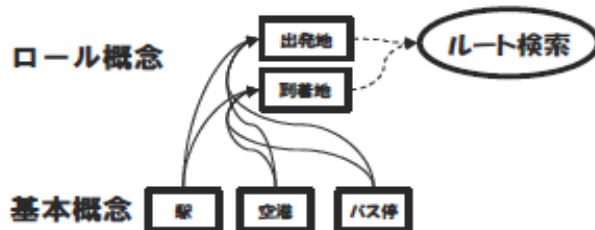


図 3：ロール概念と基本概念の対応付け

このような対応付けは、細粒度側、および粗粒度側から双方に意義付けることができる。細粒度側からは、サービスプロバイダが独自に構築した Web サービスから類似した部分をモデル化し、タスクを遂行可能な Web サービスの本質を記述できる。例えば，“ルート検索”タスクの入力は“出発地”，“到着地”であるが、それを遂行できる Web サービスである“Jorudan 乗り換え案内” Web サービスは、そのタスクを遂行するための本質的ではない入力“時刻”を持っている。これらのサービス固有の些末な情報を排除し、タスクを遂行するための本質的な情報のみを記述することにより、Web サービスの理解容易性を向上できる。

一方で粗粒度側からは、実体を持たない概念に対して、その実体を与えることができる。この記述により、タスクを遂行するためにどの Web サービスを利用できるかを判断できる。

3. 多粒度リポジトリを用いた Web サービス連携

Web サービスへの展開は大きく5つの部分に分かれており(図4)、それぞれ、要求記述部、タスク展開部、Web サービス検索部、Web サービス実行部、および知識資源と呼ばれる。知識資源を除いた他の4つは機能的な部分であり、要求記述部から、タスク展開部、Web サービス検索部、Web サービス実行部へ、というフローにより、タスクを Web サービスへと展開する。それぞれの機能部は、知識資源を参照する。知識資源は、Fact、粗粒度リポジトリ、中粒度リポジトリ、細粒度リポジトリ、オブジェクトオントロジーから構成される。

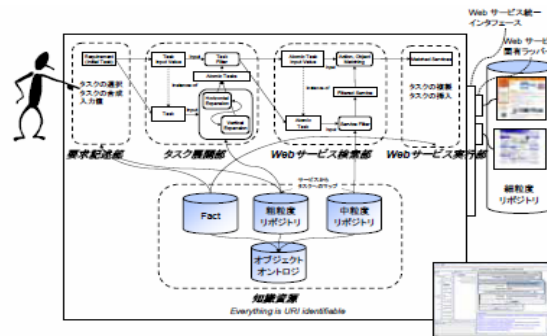


図 4：タスクの Web サービスへの展開

Fact は対象世界の事実を含むものであり、本研究では旅行ドメインの Fact として、東京駅と品川駅が隣り合っていること、東京駅から成田空港へのバスが存在することなどが記述されている。粗粒度リポジトリは、再利用可能な要求記述部品としてのタスクを IS-A, HAS-A 関係により体系化したものである。中粒度リポジトリは、タスクと Web サービスとの対応関係を管理し、クエリにより必要な Web サービスを検索することができる。オブジェクトオントロジーは Fact, 粗粒度, 中粒度, 細粒度リポジトリで参照される概念の IS-A 階層である。

3.1 要求の記述

粗粒度リポジトリを用いた要求の表現は、現実世界の要求がしばしば曖昧であると同様に曖昧性を含む。タスクの展開において、曖昧性は、IS-A 関係による特殊化のコンフリクトとして現れる。例えば、“旅行する”タスクを選択した時、“往路の交通機関の手配”に関して、列車、バス、航空機のどの交通機関を利用するかというコンフリクトが生じる。ただし、コンフリクトは否定的な意味だけを持つのではなく、ユーザが具体化するべきを知らないタスクに対して選択肢を与えるという役割も担う。この例の曖昧性は、ユーザが“列車で旅行する”タスクか、“航空機で旅行する”タスクのどちらかを選択しなすことによりコンフリクトを解消できる。

一方で、複数のタスクをマージしなければ要求を具体化できない場合が存在する。これは、タスクの IS-A 関係における特殊化対象の多様性に起因する(“旅行する”に対して“列車で旅行する”と“宿泊旅行する”とは具象化対象が異なる。前者は乗り物を具象化したものであり、後者は宿泊の有無を明確にしたものである)。例えば、“泊旅行する”タスクを選択した場合、このタスクは、HAS-A として直属の“宿泊先の手配”と、“旅行する”タスクから継承した“往路の交通機関の手配”(“往路の交通機関の手配”はどんな旅行においても存在するため、“旅行する”タスクの HAS-A に含まれる)を持つ。この時、“宿泊旅行する”タスクの利用交通機関は先の例と同様に、曖昧性を持ち、展開では交通機関の手配に関して無数の組み合わせを生じる。しかしながら、この単一タスクでは“列車で宿泊旅行する”という要求を表現できない。この問題の解決策として最も単純なのは、タスクリポジトリに新たに“列車で宿泊旅行する”というタスクを定義することであるが、これを許すと、乗り物、宿泊の有無、どこに旅行するかなどのタスクの異なる種類の特殊化対象の組み合わせが生じて、タスクリポジトリが巨大化する。また“列車で宿泊旅行する”は、“列車で旅行する”の特殊化タスクであるのか“宿泊旅行する”の特殊化タスクであるのかという多重継承の問題も発生する。[10]で指摘されている通り、多重継承はその意味論に問題があり好ましくない。そこで本研究では、複数のタスクをマージすることにより、複合的な要求の表現を試みる。

“宿泊旅行する”タスクと“列車で旅行する”タスクをマージすると、“宿泊旅行する”タスクが HAS-A として持つ“往路の交通機関の手配”タスクと“復路の交通機関の手配”タスクは、“列車で旅行する”タスクが HAS-A として持つ“往路の列車の手配”タスクと“復路の列車の手配”タスクのタスクである“列車の手配”タスクを一般化した“交通機関の手配”タスクのタスクであるので除外される。

3.2 タスクの展開

本研究では、タスクを展開することにより、Atomic Task を得る。展開には、IS-A 関係に基づく展開と、HAS-A 関係に基づく展開の2種類が存在する。タスクが与えられた時、それを Atomic Task まで展開するフローを図 5 に示す。

タスクは粗粒度リポジトリ(Coarse-Grain-Size Repository)を参照し、タスクの IS-A 関係と、HAS-A 関係に基づき、Atomic Task まで展開される。次に、タスクに与えられた入力値に基づきタスクをフィルタする。例えば、“交通機関の手配をする”タスクに対して、入力の“出発地”と“到着地”に対して空港が与えられた時には、列車を利用するタスクは、展開される Atomic Task の集合から除外される。この結果として、Atomic Task の集合を得る。

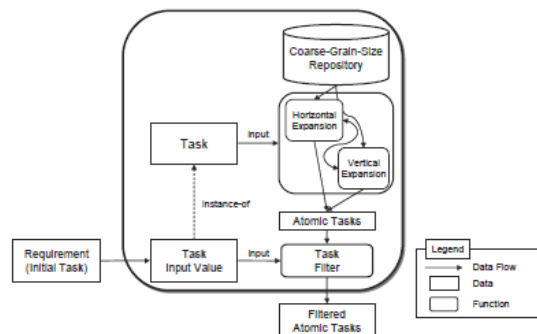


図 5 :タスクの展開フロー

IS-A の展開と HAS-A の展開を考えるとき、どちらを優先して展開するかを判断しなければならない。IS-A と HAS-A の意味から考えると、IS-A を優先して展開する方が妥当なタスク集合を得られると考えられる。これは、IS-A 関係により特殊化されたタスクのタスクが上位タスクには存在しなかったサブタスクを新たに持つ可能性があるからである。例えば、“旅行する”タスクが“往路の交通機関の手配”と“復路の交通機関の手配”タスクを持つのに対し、“列車と航空機で旅行する”タスクは往路、復路の交通機関の手配に加え“空港と駅との間の移動”タスクを新たに持つ。この時、“旅行する”タスクを HAS-A 優先で展開すると、“空港と駅との間の移動”タスクを得ることができない。

3.3 Web サービスの検索

タスクを遂行するためには、展開されたタスクに対して、Web サービスを対応付ける必要がある。例えば“ルート検索”タスクに対しては“Jorudan ルート検索”Web サービスを対応付けることができる。しかしこのような対応付けが成り立つには、タスクの入力概念である“出発地”と“到着地”がどちらも国内の鉄道駅であるという仮定が必要である。つまり、Atomic Task が得られたからといって、対応する Web サービスが固定されるわけではない。

Web サービスを得るためには、タスクによる選択候補の取得と、タスクの入力として与えられる入力値によるマッチングが必要である。前節で得られた Atomic Task のタスクから、要求を満たす Web サービスを検索するための概念的なフローを図 6 に示す。

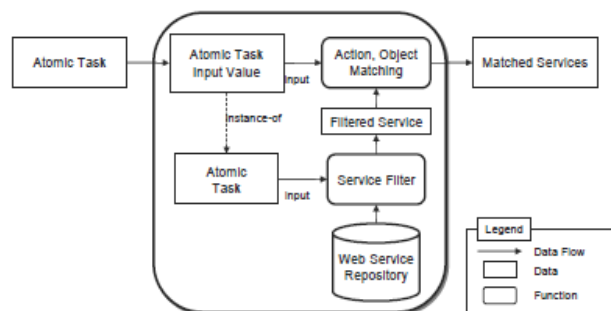


図 6 :Webサービスの展開フロー

タスクに対応した Web サービスの検索処理は、タスクを用いた Web サービスのフィルタリングと、タスクに与えられた入力の値を用いたマッチングから構成される。フィルタリングは、中粒度リポジトリで与えられるロール概念と基本概念との間のマッピングに基づき、対象とするタスクの入力ロール概念に対応付けられた基本概念を求め、その基本概念を持つ Web サービスを、細粒度リポジトリから選択候補サービスとして抽出する。

次に、タスクに与えられた入力値と選択候補 Web サービスの入出力概念とをマッチングすることにより、Web サービスを選択する。ユーザがタスクに与える入力値は、入力された時点でその文字列がどの概念を表すのかを Fact を参照し明らかにする。“成田空港”には日本空港が、“ウィーン国際空港”にはオーストリア空港が定められる。Web サービスとのマッチングは、Web サービスの入力として与えられる入力概念と、ユーザの与えた入力概念とをオントロジーを参照し比較することにより行う。Web サービスのすべての入出力概念が、ユーザが与えたすべての入力概念よりも一般的であるか同じである場合、その Web サービスを選択候補として残す。

3.4 Web サービスの実行

実行する Web サービスが選択された後、その Web サービスを実行することにより、実行結果を得る。Web サービスを実行するためには、タスクに与えられた入力値を Web サービスの入力への加工する必要がある。

セマンティック Web サービスの研究分野では、WSDL に基づく Web サービスを実行するために、現在、XSLT を用いた構造変換によるアプローチが取られているが、このアプローチは Syntactic なもので、その問題点も指摘されており[11]、一つの研究課題となっている。

本研究では Web アプリケーションにラッパーを被せることにより、そのラッパーの中で Web サービス固有の入力へと値を加工することにより、この問題を避けている。また、構築したラッパーの中でユニバーサルなデータ構造を定義することにより、そのデータ構造を介して Web サービス間の入出力データの連携を行う。

4. プロトタイプツール

本研究では、現在、提案した手法に基づきタスクを Web サービスへと展開するためのプロトタイプツールを構築中である。現在、図7に、本プロトタイプツールの画面を示す。

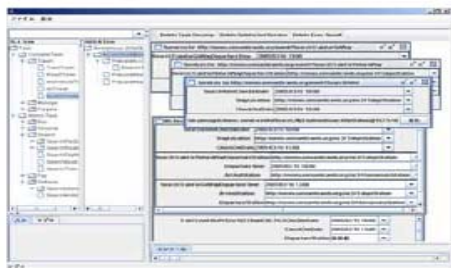


図 7 :プロトタイプツール

構築したプロトタイプツールを利用することで、本手法の妥当性を確認した。“フライトの検索”、“ホテルの検索”のような Atomic Task に関しては、問題無く Web サービスへと展開できた。“宿泊列車旅行する”のような Complex Task は、“往路の列車検索”、“復路の列車検索”、“ホテル検索”というように Atomic Task へと展開される。さらにそれぞれが Web サービスへと展開される。このように、粗粒度リポジトリに与えた10の旅行タスクとそれを組み合わせたタスクに関して、Web サービスとし

て利用できることを確認した。しかし、Complex Task を展開した後の Atomic Task の実行順序や、その際の入出力概念の結合の制御が課題となっている。

5. おわりに

本研究では、Web サービスを利用するユーザのタスクを Web サービスへと展開するために、多粒度リポジトリの構築と、それに基づく展開の仕組みの提案を行った。多粒度リポジトリは、タスクの語彙を含む粗粒度リポジトリ、Web サービスを含む細粒度リポジトリ、そして両者の間の対応関係を管理する中粒度リポジトリから構成される。中粒度リポジトリの設定により、Web サービスをモデル化し、タスクを遂行する Web サービスの本質的な情報を記述可能とした。プロトタイプツールを構築し本手法の動作の確認を行った。

今後の課題としては、タスクの展開の制御を行うこと、個人の特殊な要求を反映できるようにすること、UDDI などの大規模 Web サービスリポジトリを用いてユーザの利便性の向上を検証することがある。

参考文献

- [1] T. Berners-Lee, J. Hendler, and O. Lassila, “The Semantic Web”, Scientific American, vol. 284, pp.34-43, 2001.
- [2] Web Services: <http://www.w3.org/2002/ws/>
- [3] S. McIlraith and T. Son and H. Zeng, “Semantic Web services”, IEEE Intelligent Systems. Special Issue on the Semantic Web, vol.16, num.2, pp.46-53, March/April, 2001.
- [4] WSMO: <http://www.wsmo.org>
- [5] OWL-S: <http://www.w3.org/Submission/2004/07/>
- [6] S. Grimm, B. Motik, and C. Preist, “Variance in e-Business Service Discovery”, Proc. ISWC2004 Workshop on Semantic Web Services: Preparing to Meet the World of Business Applications, pp.73-87, Hiroshima, Japan, Nov.2004.
- [7] M. Kifer, R. Lara, A. Polleres, C. Zhao, D. Fensel, U. Keller, H. Lausen, and M. Stollberg, “A Logical Framework for Web Service Discovery”, Proc. ISWC2004 Workshop on Semantic Web Services: Preparing to Meet the World of Business Applications, pp.88-103, Hiroshima, Japan, Nov.2004.
- [8] T. W. Malone, K. Crowston, and G. A. Herman: Organizing Business Knowledge: The MIT Process Handbook, The MIT Press, 2003.
- [9] G. Schreiber, H. Akkermans, A. Anjewierden, R. de Hoog, N. Shadbolt, W. V. de Velde, and B. Wielinga: Knowledge Engineering and Management, The MIT Press, 1999.
- [10] 溝口 理一郎, オントロジー工学 知の科学, 人工知能学会 (編), オーム社, 2005.
- [11] S. Balzer, and T. Liebig, “Bridging the Gap Between Abstract and Concrete Services”, Proc. ISWC2004 Workshop on Semantic Web Services: Preparing to Meet the World of Business Applications, pp.16-30, Hiroshima, Japan, Nov.2004.
- [12] 寺井 公一, 多粒度レポジトリに基づくWebサービスの連携の実現, 電子情報通信学会, 2005