

# Web サービスに基づく電子市場構築技術

## Developing Electronic Marketplaces based on the Web Service Technology

福田 直樹  
Naoki Fukuta

### 1 はじめに

Web 上で提供されるサービスは多種多様に渡っており、我々はいまやそれらのサービスなしでは日常生活に支障を来す場合もある。電子市場の構築とその運用にあたって、Web 上で提供されるサービスとの関連を考える必要が生じてくるのは、ある種の必然である。ところで、Web 上のサービスと一言で言っても、その言葉の意味する範囲は非常に広い。単に Web サービスといった場合、広義には Web 上で提供され利用できるサービスそのものを指す場合がある。一方、より狭義の Web サービスには、ソフトウェアシステム構築技術としての側面を持ち、W3C(World Wide Web Consortium) などでの規格化作業の進む、ソフトウェア間での相互通信・連携技術としての意味もある。これら Web サービス全体を網羅的に取り扱うのは、紙面の都合からも非常に困難であるので、本稿では、ソフトウェアシステム構築技術としての Web サービスを中心に置き、Web 上で提供されるサービス全体も視野に置きながら、特に電子市場の構築に関連すると思われる技術とその動向について概説する。なお、本稿では、文章の読みやすさを配慮して、多少厳密さを欠く表現が用いられている部分があることをあらかじめご了承願いたい。

### 2 電子市場と Web サービス

本稿で扱う電子市場とは、電子的に商品(モノ・サービス・情報)の売買を行う場であり、かつ、そこに商品の取引における価格付けや売り手・買い手の組み合わせの最適化に関わる何らかの技術が含まれるものを指す。つまり、電子市場を通じて、単に電子的に(安価にかつ迅速に)商品の取引ができるというだけでなく、そこに市場メカニズムが介在し、売り手と買い手が適正な価格で公平に取引ができることが期待される。電子市場の構築には、もちろん電子商取引全般が必要となる技術が必要となるが、本稿では、電子商取引全般にわたる関連技術の動向を述べるのではなく、むしろ電子市場に特化した側面から考えてみたい。また、電子市場や市場メカニズムに関する最新の研究動向については他稿に譲り、本稿では特に、電子市場の構築やその今後の発展に関わる最新の技術動向を、Web サービスという切り口から眺めてみることにする。

電子市場が Web サービスと関わりを持つようなときは、はたしてどのようなときか。まず1つが、電子市場そのものが Web サービスとして構築される、という場合である。もちろん、電子市場そのものが複数の Web サービスの組み合わせとして実現される場合もあるが、その内部の構造はひとまずおいて、それが Web サービスとして実現される場合を考える。電子市場が(広義の)Web サービスとして構築されるというのは、特段目新しいことではない。現実には、インターネット広告におけるキーワードオークションなどでは、それが(広義の)Web サービスとして実現されており、むしろそれ以外の実現形態は考えにくい。

狭義の Web サービスは、さらに細かく分けると、いわゆる WebAPI と呼ばれる REST 型 Web サービスと、SOAP[1]/WSDL[2]/UDDI[3]の3つの標準を核とする Web サービス(本稿では、便宜上、SOAP 型 Web サービスと呼ぶことに

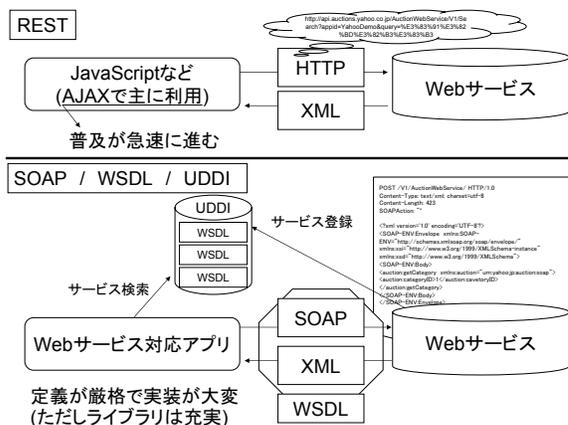


図1 Web サービスの種類とその概観

する)に分けられる(図1)。REST 型 Web サービスでは、一言で言えば、Web の標準プロトコルである HTTP の POST/GET プロトコルをほぼそのまま使い、単に結果が HTML ではなく XML となるような Web サービスである。REST 型 Web サービスは、特に Web のユーザインタフェースをリッチにするための手法(AJAX[4] など)と組み合わせて利用されるケースが多く、この用途での普及が非常に進んでいる。一方で、SOAP 型 Web サービスは、プロトコルの規定がより厳密になっており、結果だけでなく、サービスに渡すパラメータも XML で記述する。サービスが受け取る入出力の型などの情報は、WSDL に記述され、その WSDL を UDDI に基づくサービスディレクトリに登録しておくことで、サービスの検索を行うことも可能である。なお、本稿では、SOAP、WSDL、UDDI の詳細は割愛する。

電子市場が Web サービスとして実現されるということの本当のインパクトは、それが人間以外にソフトウェアプログラム(エージェント)からも操作・利用可能となることにある。

若干昔の話になるが、BiddingBot という、インターネット上の複数のオークションサイトに対して横断的に入札を行うことを可能としたシステムが提案されている [5]。本システムでは、電子市場の一種であるインターネット上のオークションサイトを、複数のソフトウェアエージェントが常時監視し、そのサイトごとの商品の値動きを読んで入札を行うことが可能となっている。この仕組みにより、オークションサイトに出品された複数の同一商品の中からもっとも安価に落札可能なものを落札して行くことが可能となる(図2)。

これはすなわち、組み合わせオークション [6](複数の商品の組み合わせに対して入札できるオークション)における代替可能財(複数の商品のうち、どれか1つがあればよい、というもの)に対する XOR 入札が可能となるように、オークションメカニズム自身を拡張したのと同じような状況になる。電子市場がソフトウェアプログラムから利用可能となることで、ソフトウェアによる電子市場のメカニズムの拡張が、(その電子市場の運営者が望む望まざるに関わらず)可能となる。すなわち、ソフト

† 静岡大学, Shizuoka University

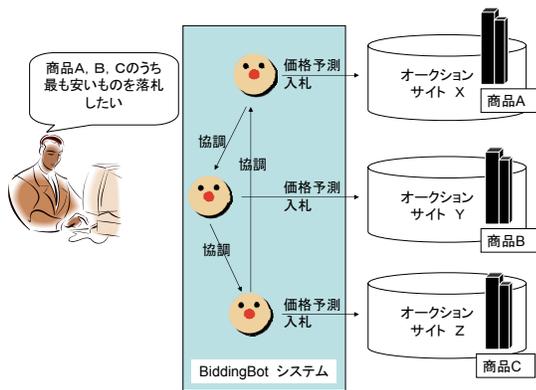


図2 BiddingBotにおける協調入札の概要

ウェアプログラムから電子市場が利用可能になることによって、財(商品)の割り当て(売り手・商品と買い手との組み合わせ)の最適性が向上することになる。これは1つの極端な例としても、ソフトウェアプログラムから電子市場が利用可能となることによって、情報の検索性の向上や商品の購入・売却をソフトウェアが支援してくれるようになり、利用者にとっての利便性が大きく向上することは間違いない。電子市場の利用者がソフトウェアプログラムから利用が可能な電子市場を好んで使うようになれば、電子市場の構築にあたって、ソフトウェアプログラムからの利用を当然考慮する必要が出てくる。この点で、電子市場は、その構築にあたって、(狭義の)Webサービスとの親和性を考慮する必要がある。

### 3 セマンティック Web と電子市場

BiddingBot 開発当時では、このシステムを広く利用可能とするためのインフラストラクチャが欠けていた。オークションサイト上では Web ページ (HTML) によって情報が提示されており、エージェントを実現するソフトウェアプログラム内部では、いびつな構造の HTML から情報を巧妙に取り出すためのラッパー(wrapper)と呼ばれるプログラムが動いており、このラッパーを、オークションサイト上の Web ページのフォーマットが変更されるたびに書き換える必要があった。図3は、BiddingBot システム内で実際に使われていたラッパープログラムの一部である。特定の Web ページ中にあるテーブルタグ構造から個別の要素を取り出し、さらにその内容を数値等に変換する処理をプログラムで行っている。

(狭義の)Web サービスでは、サービスの利用に関わるソフトウェアプログラム間でのデータのやりとりのための規格を定めている。ところが、これらの規格ではデータの書き方(フォーマット)を規定している部分が大半であり、そこに書かれたデータの意味をソフトウェアプログラム自身が解釈することは困難であった。そこで、Web サービスの利用にあたって、そこで扱うデータを、少なくともソフトウェアプログラム間で誤解なく受け渡せるようにするための技術として、セマンティック Web 技術が注目を集めた。

セマンティック Web 技術では、データの意味・概念を示す体系であるオントロジーと、それらのオントロジー間の関連を記述可能とすることで、ソフトウェアプログラムに対して、データの解釈のための基盤を与える。セマンティック Web 技術の詳細を示すことは本稿の範囲を大きく逸脱するため、本稿ではこの程度の記述にとどめたい。セマンティック Web 技術に関する詳細な内容や具体的な記述方法については、たとえば文献 [7] を参考されたい。セマンティック Web 技術は、しばしばオントロ

```

wrapper-bidders - メモ帳
ファイル 編集 表示 ヘルプ
cutAbstractBody( HTML, BODY ) :-
% extract( [_, [入札数], _], ["/tr"], _], BODY1[HTML], HTML ), !,
% extract( [_, [入札数], _], ["/tr"], BODY1[HTML], !,
% extract( BODY, ["/table"], _], BODY1 ), !.

wrapAbstractBody( HTML, [ID|IDList] ) :-
wrapAbstractDataItem( HTML, ITEMDESC, REST ),
!, storeAbstractData( ID, ITEMDESC ),
!, wrapAbstractBody( REST, IDList ).

wrapAbstractBody( _, [] ) :- !.

wrapAbstractDataItem( HTML, [URL_NAME, PRICE, ENDTIME, BIDS], REST ) :-
once( extract( [_, [tr], _], ["/tr"], _], ["/tr"], REST ), HTML ),
wrapAbstractDataItem_detail( BODY, [URL_NAME, PRICE, ENDTIME, BIDS] ).

wrapAbstractDataItem( HTML, [URL_NAME, PRICE, ENDTIME, BIDS], REST ) :-
once( extract( [_, [tr], _], ["/tr"], _], ["/tr"], NEXT ), HTML ),
wrapAbstractDataItem( NEXT, [URL_NAME, PRICE, ENDTIME, BIDS], REST ).

wrapAbstractDataItem_detail( BODY, [URL_NAME, PRICE, ENDTIME, BIDS] ) :-
!, extract( [_, [td], _], [td], _], [a, href, URL1], NAME ), R1, BODY ),
!, extract( [_, [td], _], [td], _], [td], _], PRICE ), R2, R1 ),
!, extract( [_, [td], _], [td], _], [td], _], BIDS1, ["/td"], R3 ), R2 ),
!, extract( [_, [td], _], [td], _], [td], _], ENDTIME1, ["/td"], R4 ), R3 ),
!, omit( [a], BIDS1, [BIDS], _ ),
!, omit( [a], ENDTIME1, [ENDTIME], _ ),
!, parseEndTime( ENDTIME1, ENDTIME ),
!, parsePrice( PRICE, PRICE ),
!, siteURL( X ), completeURL( X, URL1, URL ).

parseEndTime( ENDTIME1, ENDTIME ) :-
extract( (Mon, /, Date, :, Hour, :, Min), ENDTIME1 ),
!, getTIME( T ),
dateConvert2( [Y|_], T ).

```

図3 BiddingBotにおけるラッパープログラムの一例

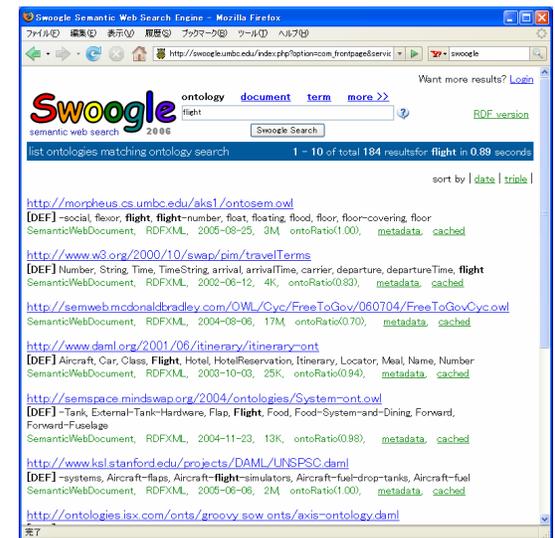


図4 オントロジー検索エンジン Swoogle での検索例

ジーの構築にかかるコストの問題が指摘されるが、(日本語のものはまだ少ないものの)世界中でセマンティック Web のためのオントロジーが作られつつあり、それらはオントロジー検索エンジン Swoogle[8] などを用いて検索することができる(図4)。

### 4 セマンティック Web サービス技術

セマンティック Web 技術と Web サービス技術の融合として、McIlraith らによってセマンティック Web サービスの概念が提案された [9]。セマンティック Web サービスでは、単にソフトウェアプログラムが Web サービスを利用可能とするというだけに留まらず、Web サービスの解釈・利用が自動化される利点を生かして、既存の複数の Web サービスを組み合わせる新たな Web サービスを自動的に合成する試みが行われた。その過程でわかってきた点は、既存の Web サービス技術とセマンティック

```

@prefix rdf: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>.
@prefix sawsdl: <http://www.w3.org/ns/sawsdl#>.
@prefix whttp: <http://www.w3.org/ns/whttp#>.
@prefix wsdl: <http://www.w3.org/ns/wsdl-rdf#>.
@prefix wsdlx: <http://www.w3.org/ns/wsdl-extensions#>.
@prefix wsoap: <http://www.w3.org/ns/wsdl-soap#>.

<http://greath.example.com/2004/wsdl/resSvc#wsdl.description(>
  a wsdl:Description ;
  wsdl:interface
    <http://greath.example.com/2004/wsdl/resSvc#wsdl.interface(reservationInterface)> ;
  wsdl:binding
    <http://greath.example.com/2004/wsdl/resSvc#wsdl.binding(reservationSOAPBinding)> ;
  wsdl:service <http://greath.example.com/2004/wsdl/resSvc#wsdl.service(reservationService)> .

<http://greath.example.com/2004/wsdl/resSvc#wsdl.interface(reservationInterface)>
  a wsdl:Interface ;
  rdfs:label "reservationInterface" ;
  wsdl:interfaceOperation
    <http://greath.example.com/2004/wsdl/resSvc#wsdl.interfaceOperation(reservationInterface/opCheckAvailability)> ;
  wsdl:interfaceFault
    <http://greath.example.com/2004/wsdl/resSvc#wsdl.interfaceFault(reservationInterface/invalidDataFault)> .

```

図 5 WSDL 2.0 の RDF による記述例

Web 技術の (特に記述言語の違いから来る) 親和性の問題と、セマンティック Web 技術が想定したオントロジー記述言語の限界の 2 点である。

前者の問題を解消するために、WSDL-S[10] が提案され、その後、W3C によって、WSDL 2.0 として勧告された内容にもセマンティック Web に配慮した規格が含まれるにいたった [2]。WSDL 2.0 では、XML による通常の WSDL 記述と、セマンティック Web 技術で用いられる RDF による記述とを相互に引用するための仕組みを用意している。さらに、SAWSDL[11] では、セマンティック Web 技術に基づく意味情報のアノテーションを WSDL 記述中に含めることができるような仕組みが考案されており、WSDL 中のデータとセマンティック Web 上での表現とのマッピングを定義できるようになっている。また、WSDL 2.0 の記述自体をセマンティック Web 記述の基盤言語である RDF にマッピングするための方法も定義 [12] されており、セマンティック Web 技術との親和性が大きく高められている。図 5 は、WSDL 2.0 の記述を RDF にマッピングした場合の記述例である\*1。

後者のオントロジー記述言語の限界とは、サービスの意味記述にあたって、条件・ルール記述が必要となったことである。条件・ルール記述は、オントロジー記述言語 OWL の想定した記述の範囲には完全に含まれない。このため、サービスの意味記述がオントロジー記述言語のみでは記述できず、オントロジー記述言語とルール記述言語の組み合わせが必要となった。これに基づいて、セマンティック Web の階層構造 (レイヤーケーキ) も改訂され、ルール記述言語の位置づけがより明確化された。しかし、オントロジー記述言語とルール記述言語を分けることによる問題は、完全には解消されない。最も大きな問題は、オントロジー記述言語とルール記述言語での推論方法の違いで、オントロジー記述言語内で推論可能な事実がルール記述言語からは認識されないなど、オントロジー記述言語の良さが十分に発揮されない可能性がある。この問題点は、Fensel らが WSMO(Web Service Modeling Ontology)[13] を提唱する過程で指摘しており、この指摘に基づき、Fensel らは、ルール記述言語とオントロジー記述言語を階層的に融合させた融合させた WSML(Web Service Modeling Language)[14] に基づくセマンティック Web サービスの実現方法を提案している。

結論からいえば、まだ現時点ではセマンティック Web 技術を電子市場構築に利用するには技術的な進展を多少待つ必要があるが、基盤技術は整いつつあるという印象である。なお、セマンティック Web サービス技術の詳細は、文献 [15] などを、WSMO 関連技術の詳細は、文献 [16] を参照されたい。

\*1 本記述例は、W3C WSDL 2.0 文書からの一部抜粋である

## 5 GRDDL と電子市場の付随サービス

電子市場が効果的に機能するためには、電子市場に付随する様々なサービスが (広義の) Web サービスとして構築される必要があると考えられる。付随するサービスには、たとえば、売買契約を遂行するための決済・配送 (含ダウンロード、電子スペース提供)・保険・認証といったサービスが、電子市場に付随して利用されることが考えられる。決済・配送サービスは電子市場の運営者側から使われる場面が多いと考えられるが、保険・認証といったサービスは、電子市場の運営者のみでなく、その市場のユーザ (売り手・買い手) にとっても必要なサービスとなると考えられる。また、商品そのものに関する情報を調べたり、売り手・買い手の信用情報を得たいと思えば、それらの情報を提供するサービスも付随して利用されることが予想される。また、電子市場に導入されているオークション等の市場メカニズムそのものについて理解を深めたい、市場の動きを予測したい、あるいはその電子市場そのものを潜在顧客に対して宣伝したいという要求も生じてくることが予想される。電子市場の構築に当たっては、こうした付随サービスを電子市場に取り込んでいく・相互運用していくことが重要となる。すなわち、電子市場そのものが複数の (広義の) Web サービスの組み合わせで構成され、さらに外部の他の Web サービスと組み合わせで利用される、という利用形態が考えられる。

(広義の) Web サービスをソフトウェアプログラムから利用・連携させるにあたって、ラッパープログラムを用意する必要があった。セマンティック Web の世界が実現されればラッパープログラムは事実上不要 (あるいは少なくとも極小) になるのだが、多くの (広義の) Web サービスは、あいかわらず HTML で記述されたものが多く、セマンティック Web の世界との相互運用性は考慮されない場合が多い。この状況を打破するべく、GRDDL[17] がセマンティック Web の研究コミュニティから提案されている。GRDDL は、一言でまとめると、ラッパープログラムを Web コンテンツ作成者自身が用意してしまおう、という試みである。具体的には、XHTML で書かれた Web コンテンツに対して、その内部データの抜き出し規則を (たいていの場合は XSLT で) 記述しておいて、そのデータ抜き出し規則へのリンクを XHTML 中に含ませてしまう、ということを行う。GRDDL は、現時点ではまだ W3C の勧告候補であるが、(広義の) Web サービスをソフトウェアプログラムから利用するための足がかりとなる可能性が高く、コンテンツ提供者がデータ抜き出し規則の提供に深く関わることからラッパープログラムに見られたページ改変に対する脆弱性が大幅に緩和されることが期待される。図 6 は、XHTML 文書と、それに対応したデータ抜き出し規則 (XSLT) の記述例である\*2。

## 6 Web サービスと電子市場の保護

電子市場を現実に運用していくためには、その市場のメカニズムを完全に近いものにしておく必要があるが、メカニズム設計上の欠点が発現時にはじめて露呈することも考えられる。また、特定のユーザの異常な市場行動により市場全体が異常な振る舞いを見せるような状況が生じた場合に、迅速に対処する必要もある。電子市場が Web サービス化できれば、その電子市場を守るためのソフトウェアプログラムに市場外部から市場の振る舞いなどを監視させることも可能になると考えられる。電子市場の持つ迅速性ゆえに、電子市場の監視・保護は人間自身が行うことが難しくなる状況も考えられる。電子市場の欠陥・異常を検知し、そこでの不正を見破るメカニズムの実現にも、Web サービス技術の貢献できる余地がありそうである。

\*2 本記述例は、W3C GRDDL 文書からの一部抜粋である。

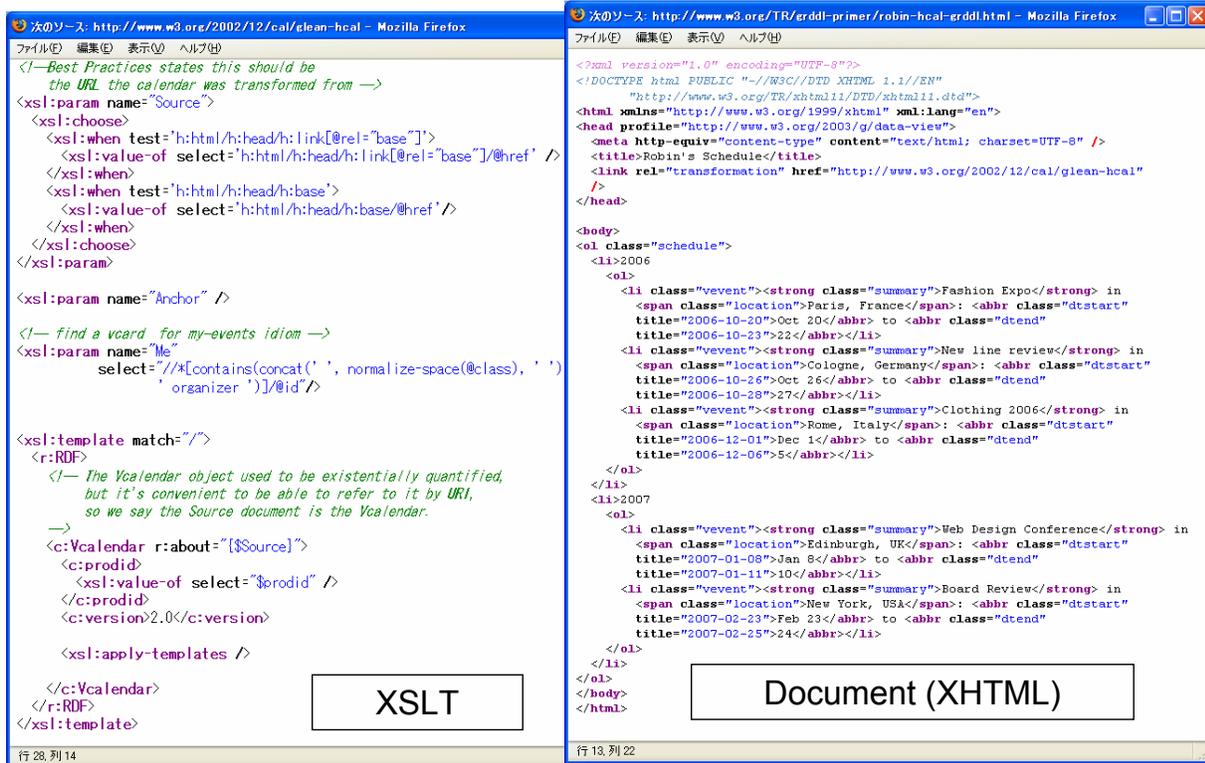


図6 GRDDLによるデータ抽出の記述例

## 参考文献

- [1] M. Gudgin, M. Mendelsohn, J.-J. Moreau, H. Frystyk, A. Karmarkar and Y. Iafon: "SOAP version 1.2 part 1: Messaging framework (second edition)", W3C Recommendation 27 April 2007 (2007). <http://www.w3.org/TR/soap12-part1/>.
- [2] R. Chinnici, J.-J. Moreau, A. Ryman and S. Weerawarana: "Web services description language (WSDL) version 2.0 part 1: Core language", W3C Recommendation 26 June 2007 (2007). <http://www.w3.org/TR/wsdl20/>.
- [3] L. Clement, A. Hatley, C. von Riegen and T. Rogers: "UDDI version 3.0.2", UDDI Spec Technical Committee Draft, Dated 20041019 (2004). [http://uddi.org/pubs/uddi\\_v3.htm](http://uddi.org/pubs/uddi_v3.htm).
- [4] J. J. Garrett: "Ajax: A new approach to web applications", February 18, 2005 (2005). <http://www.adaptivepath.com/publications/essays/archives/000385.php>.
- [5] T. Ito, N. Fukuta, T. Shintani and K. Sycara: "Bidding-Bot: A multiagent support system for cooperative bidding in multiple auctions", Proc. of the Fourth International Conference on Multi Agent Systems(ICMAS'2000), pp. 399-400 (2000).
- [6] P. Cramton, Y. Shoham and R. Steinberg: "Combinatorial Auctions", The MIT Press (2006).
- [7] 山口高平, 福田直樹, 小出誠二: "Web オントロジー記述言語 OWL とその記述能力", コンピュータソフトウェア, **22**, 4, pp. 12-18 (2005).
- [8] "Swoogle", <http://swoogle.umbc.edu/>.
- [9] S. A. McIlraith, T. C. Son and H. Zeng: "Semantic web services", IEEE Intelligent Systems, **16**, 2, pp. 46-53 (2001).
- [10] R. Akkiraju, J. Farrell, J. Miller, M. Nagarajan, M.-T. Schumid, A. Sheth and K. Verma: "Web service semantics - WSDL-S", W3C Proposed Recommendation 7 Nov 2005 (2005). <http://www.w3.org/Submission/WSDL-S>.
- [11] J. Farrell and H. Lausen: "Semantic annotations for WSDL and XML Schema", W3C Proposed Recommendation 05 July 2007 (2007). <http://www.w3.org/TR/sawSDL>.
- [12] J. Kopecky: "Web services description language (WSDL) version 2.0: Rdf mapping", W3C Working Group Note 26 June 2007 (2007). <http://www.w3.org/TR/wsdl20-rdf>.
- [13] J. de Bruijn, C. Bussler, J. Domingue, D. Fensel, M. Hepp, U. Keller, M. Kifer, B. König-Ries, J. Kopecky, R. Lara, H. Lausen, E. Oren, A. Polleres, D. Roman, J. Scicluna and M. Stollberg: "Web service modeling ontology (wsmo)", W3C Member Submission 3 June 2005 (2005). <http://www.w3.org/Submission/WSMO/>.
- [14] J. de Bruijn, D. Fensel, U. Keller, M. Kifer, H. Lausen, R. Krummenacher, A. Polleres and L. Predoiu: "Web service modeling language (WSML)", W3C Member Submission 3 June 2005 (2005). <http://www.w3.org/Submission/WSML/>.
- [15] 山口高平, 福田直樹: "(研究最前線) セマンティック web サービスの研究動向", 電子情報通信学会情報システムソサイエティ誌, **11**, 1, pp. 6-7 (2006).
- [16] 福田直樹, 山口高平: "欧州におけるセマンティック web サービスの現状と動向", 人工知能学会誌, **20**, 6, pp. 639-648 (2005).
- [17] D. Connolly: "Gleaning resource descriptions from dialects of languages (GRDDL)", W3C Candidate Recommendation 2 May 2007 (2007). <http://www.w3.org/TR/grddl>.