

## 買物支援サービス実証実験を通じた ユビキタスサービス合成技術の検証

山 登 庸 次<sup>†</sup> 中 野 雄 介<sup>†</sup> 横 畑 夕 貴<sup>†</sup>  
 浜 田 信<sup>†</sup> 武 本 充 治<sup>†</sup> 須 永 宏<sup>†</sup>  
 田 中 英 里 香<sup>††</sup> 西 木 健 哉<sup>††</sup>  
 寺 西 裕 一<sup>†††</sup> 下 條 真 司<sup>†††</sup>

ユビキタス環境では、多種の機器・機能が連携した、コンテキストウェアサービス実現が期待されている。そのためには、ユーザ状況に応じてサービスコンポーネントを動的に発見、バインドするサービス合成技術がキーとなる技術であり、著者らは意味的情報を用いたサービス合成技術の研究をしてきた。今回、著者らが開発したサービス合成技術を、大阪大学のコンテンツ流通エージェント技術、日立製作所の大量モビリティ対応認証技術と連携し、ユーザの買物支援を行うサービスを実現した。本稿では、青森県五所川原市のエルムの街ショッピングセンターで2006年2月に行った買物支援サービス実験を通じた、サービス合成技術の実用性評価と、産学連携による利点と課題について報告する。

### Evaluation of Service Composition Technology through Field Trial of Shopping Support Service

YOJI YAMATO,<sup>†</sup> YUSUKE NAKANO,<sup>†</sup> YUKI YOKOHATA,<sup>†</sup>  
 MAKOTO HAMADA,<sup>†</sup> MICHIHARU TAKEMOTO,<sup>†</sup> HIROSHI SUNAGA,<sup>†</sup>  
 ERIKA TANAKA,<sup>††</sup> KENYA NISHIKI,<sup>††</sup> YUICHI TERANISHI<sup>†††</sup>  
 and SHINJI SHIMOJO<sup>†††</sup>

In ubiquitous computing environments in the future, context-aware services are expected. Therefore, a service composition technology that discovers and binds suitable service components dynamically is a key technology, and we study it using semantic information. This time, we achieved the shopping support service, using our service composition technology, content distribution agent technology of Osaka university, and mobile terminals authentication technology of Hitachi Ltd. In this paper, we reported the field trial of shopping support service in Elm shopping center in Aomori. Through the field trial, we evaluated the effectiveness of our service composition technology and merits/problems of industry-university cooperation.

#### 1. はじめに

IT技術の進歩にともない、PCだけでなく、携帯電話、家電、センサなど様々な機器がネットワークにつながりユーザ生活を支援する、ユビキタスネットワーク環境<sup>1)</sup>が実現しつつある。ユビキタスネットワーク

環境では、これらの機器・機能が有機的に連携することで、従来は実現が困難だった、ユーザ状況・嗜好に適したコンテキストウェアサービス<sup>2)</sup>の提供が期待される。

ユーザニーズは、時間、場所などのユーザコンテキストに応じて変化するため、サービス提供者があらかじめすべてのパターンのサービスを準備するのではなく、その場の状況に応じてサービス部品を組み合わせるサービスを実現する、サービス合成技術が注目を集めてきた。著者らの研究はサービス合成技術に関する研究で、Semantic Web技術を用いて意味的に記述したサービスフロー（本稿ではサービステンプレート：STと呼ぶ）に基づいて、サービスコンポーネント（本稿

<sup>†</sup> 日本電信電話株式会社 NTT ネットワークサービスシステム研究所

NTT Network Service Systems Laboratories, NTT Corporation

<sup>††</sup> 株式会社日立製作所システム開発研究所

System Development Laboratory, Hitachi Ltd.

<sup>†††</sup> 国立大学法人大阪大学サイバメディアセンター

Cyber Media Center, Osaka University

ではサービスエレメント：SE と呼ぶ)を動的に発見・バインドすることでサービスを実現するアプローチを採用している<sup>3)~7)</sup>。意味情報を用いたサービス記述により、SE の実装形態によらない記述が可能、意味的に同等ならばインターフェースが異なっても解決してバインド可能、非プログラムでも ST の記述変更によりサービス変更が容易、といったメリットがある。

また、ユビキタスネットワーク技術に関わる研究動向として、総務省では平成 15 年度より情報通信に関わる研究として、5 年計画でユビキタスネットワーク技術研究開発の研究委託を行っており、著者らの研究もその 1 つである。これらの研究開発では、ユビキタスネットワークの早期実現のため、委託研究機関間で、産学の枠を超えた連携研究が行われてきた。その産学連携の 1 つとして、著者らが開発したサービス合成技術を、大阪大学のコンテンツ流通エージェント技術、日立製作所の大量モビリティ対応認証技術と連携することで、ユビキタスネットワーク環境で、ユーザの買物支援を行うサービスを具現化した。

本稿では、青森県五所川原市のエルムの街ショッピングセンター<sup>8)</sup> で 2006 年 2 月に行った買物支援サービス実証実験を通じた、サービス合成技術の実用性評価と、産学連携による利点・課題について報告する。

本稿は以下の構成をとる。2 章でサービス合成技術の概要を説明する。3 章で、ショッピングセンター向けの買物支援サービスを提案し、実験目的を整理する。4 章では、サービス概要、実験システムと諸元について述べ、5 章で実験結果とその評価を行う。6 章では、関連研究についてふれ、7 章でまとめを行う。

## 2. サービス合成技術概要

本研究の目的は、個人端末やネットワークサーバに搭載されたサービス合成エンジンにより、ネットワーク上の SE を自由に組み合わせ、ユーザ用のカスタマイズサービスを実現する基盤技術の確立である。

本稿では、対象とする SE は Web Service (以降 WS) と Universal Plug and Play デバイス<sup>9)</sup> (以降 UPnP) とし、SE はどのような機能かのサービス記述をネットワークに公開している、ということをも前提とする。WS と UPnP 以外のサービスコンポーネントは、Java2WSDL などの市中技術を用いて WS に変換し、WS として呼び出すとする。これらの公開され利用可能な SE を、合成エンジンが ST に基づいて発見、バインドすることで合成サービスを実現する。

既存技術として、個々の WS を連携させる手法である、WS-BPEL (Web Service Business Process Ex-

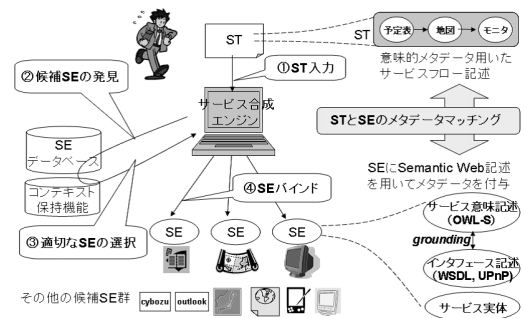


図 1 サービス合成技術の概要

Fig. 1 Outline of service composition technology.

ecution Language)<sup>10)</sup> が注目を集めている。しかし、BPEL は元来 B2B が対象であり、ユーザが未知の WS を状況に応じて発見しバインドするには向いていない。具体的には、サービスフローである BPEL 文書には、個々の WS のポートタイプ名およびオペレーション名が記述され、それらが完全一致の WS、すなわちほぼ 1 つの WS にしか適用できず、状況適応性がない。

BPEL の課題を解決するため、私たちはサービスフローである ST に個々の SE のインターフェース名を記述するのではなく、欲する機能の意味的メタデータを用いて抽象的に記述し、インターフェース名は異なるが機能は同等な SE 群を発見し、ユーザ状況に応じて選択可能にすることで、状況に応じたサービス実現を目指している。サービス合成の概要を図 1 に示す。

ここで、メタデータを用いて ST を記述し、サービス合成することを考えた場合、欲する機能にマッチする SE を数多く発見し利用できることが課題であり (多くの候補により選択肢が増え、カスタマイズ性に優れる)、以下の 3 つが必要となる。

- ST 記述者が個々の SE の詳細実装を意識せず記述できるよう、統一的形式で記述が可能であること。
- 既存コンポーネントをそのまま利用できるように、SE の記述は標準または標準候補の記述を採用すること。
- メタデータの語彙定義を統一的に定めるのは困難であるため、語彙の違いを解決し、同等機能ならば利用可能であること (例：車と car は両方利用可能)。

これらの条件から、SE の記述に、近年進んできた Semantic Web Services 技術 (たとえば、文献 11) の OWL-S (Web Ontology Language for Services)<sup>12)</sup> を用いた方法を採用している。OWL-S は、3 つの記述部からなり、Profile 記述はどのようなサービスを提供するかの情報であるサービス属性を記述し、Process

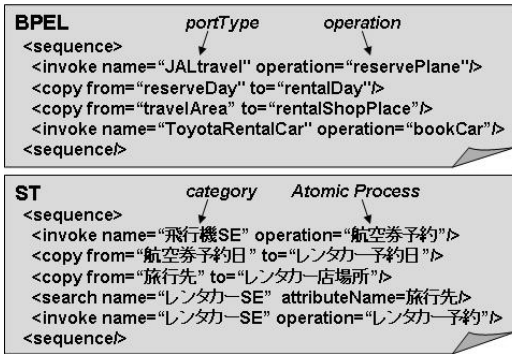


図 2 ST と BPEL 記述（ただし、関連部のみ抜き出し、省略している部分あり）

Fig. 2 Description of ST and BPEL.

記述はどのように動くかの情報である抽象的 Process の入出力や事前条件，効果を記述し，Grounding 記述はどのようにアクセスするかの情報であり，抽象 Process と実際のオペレーションのマッピングを記述する。

OWL-S を採用した理由は，以下のとおりである。まず，実際のオペレーションにマッピングされる Process は，UPnP，WS に中立な記述であり，ユーザは Process を実オペレーションのメタデータとして使うことで，SE の詳細な実装を意識せず ST を記述できる。次に，OWL-S は W3C の標準候補であり，将来的には OWL-S で記述されたサービスコンポーネントがネットワークに遍在することが想定される。さらに，後述のメタデータ関係を OWL（Web Ontology Language）で記述してリンクをたどって語彙を解決する，著者ら提案の語彙解決方式と親和性が高い。

このような理由から，SE は OWL-S をネットワークに公開することとし，それに対応して ST は以下のように記述する。ST は利用する SE の機能を，カテゴリ名（同等 SE 機能をカテゴリ化した単位）とオペレーションメタデータで指定し，指定した各カテゴリ間の情報引継ぎをあわせて記述する。ここで，オペレーションメタデータは，OWL-S の Process とそのパラメータにあたる。カテゴリ間の情報引継ぎには，前のカテゴリのパラメータを，別カテゴリのどのパラメータに入れるかのマッピングが記述される。ST 記述例を図 2 に示す。ST は BPEL を参考にしており，BPEL との差分はポートタイプをカテゴリで，オペレーションを Atomic Process で意味記述しているところであり（それ以外に，サービス実行中に SE を検索するタグ search を拡張定義），それ以外はほぼ同じである。

図 2 では，BPEL は，JAL の航空券予約 Web サービ

スと，Toyota レンタカー予約 Web サービスの WSDL 上のオペレーションを指定して記述しているため，これ以外の組合せの連携は行えない。たとえば，旅行先に Toyota レンタカーがない場合は，Nissan レンタカーなど別 Web サービスのオペレーションを指定した BPEL を記述する必要がある。一方，ST は，ポートタイプのメタデータであるカテゴリと，オペレーションのメタデータである Atomic Process で指定しており，サービス実行時にこのメタデータと意味的に同等な機能を持つ候補 SE から選択が可能である。図 2 の ST の例では，航空券予約後，旅行先にあるレンタカー予約 SE を検索しているため，旅行先に応じて別 ST を記述する必要がなく，1 つの ST で様々な SE の組合せに対応できる。

ユーザがサービスを利用する際のフローを図 1 を用いて説明する。前提として，SE はインタフェース情報を WSDL や UPnP 文書で記述し，インタフェースの意味記述を OWL-S の Process の入出力メタデータや事前条件や効果を用いて記述し，これらの意味記述と実インタフェースとのマッピングを OWL-S の Grounding を用いて記述しているとする。ユーザがサービス合成エンジンに ST を入力すると，合成エンジンは，ST に記述されたメタデータを用いて，意味記述レイヤで同等な SE 群を検索し発見する。次に発見された SE 群の Profile とユーザコンテキスト，ユーザポリシのマッチングで点数をつけ，高得点の SE を自動選択する<sup>7)</sup>。ユーザコンテキストはユーザの位置，時間などの状況，ユーザポリシはどのような SE を優先するかの情報，Profile は SE の位置や値段，提供者などの属性情報である。利用する SE が決定された段階で，合成エンジンは，選択 SE の Grounding を介して SE の実際のインタフェース（WSDL や UPnP）に変換して，SE をバインドする。

ここで，メタデータどうしの関係を，OWL の subClassOf や equivalentClass などのプロパティを用いて記述しておくことで，意味記述レイヤにて同等な機能を持つ SE の柔軟な検索が行える。たとえば，意味的には同じだが，異なる語彙で定義されたメタデータの場合（例：車と car など）も，オントロジ管理 DB に登録されたメタデータどうしの OWL リンクをたどることで，語彙解決が可能である。

オントロジ管理方式を図 3 を用いて説明する。ここで，オペレーションメタデータ群を目的ごとにカテゴリ化したものをカテゴリと呼ぶ（例：乗り物など）。図 3 の長方形はカテゴリ，小文字は該当カテゴリに属するオペレーションメタデータ，矢印は OWL のプロ

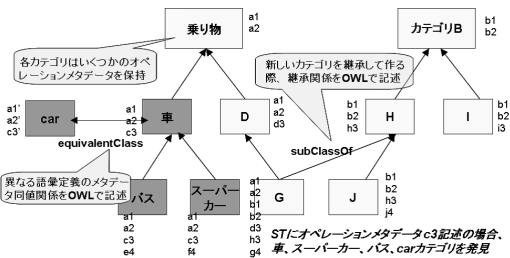


図3 カテゴリツリーを用いたメタデータ解決

Fig. 3 Metadata resolution using category management tree.

パーティを示すものである。たとえば、カテゴリ B にいくつかのオペレーションメタデータが定義されているが、新しい機能を作った SE 作成者が H というカテゴリを作り、新たなオペレーションメタデータ h3 を追加し、既存カテゴリとの継承関係を OWL の subClassOf プロパティで記述する。これが繰り返されることで、カテゴリツリーが形成される。カテゴリの継承関係だけでなく、異なる語彙のメタデータの同値関係も OWL の equivalentClass プロパティで記述できる (カテゴリ車と car)。図 3 で、ST に利用する機能として c3 が記述されている場合は、OWL リンクをたどり、c3 が c3' を持つ car、車、バス、スーパーカーカテゴリに属している SE が検索される。なお、これらの OWL リンクはオントロジマッピング技術<sup>13),14)</sup>により半自動で抽出が可能であり、オントロジ管理の手間を低減させている。

合成エンジンは、このように OWL リンクを用いて意味的な検索を行う検索機能部と、ユーザコンテキストに応じて点数付けを行い SE 選択を行う選択機能部、Grounding を介して実インタフェースに変換してバインドする実行機能部を実装している。実装環境は、Windows XP の PC に Java 言語 (JDK1.4.2) で実装しており、利用したミドルウェアは Tomcat 4.1.31, Axis 1.1, Jena 2.1, Jetty 5.1.3 である。また、SE 管理データベース、オントロジ管理データベース、ユーザコンテキスト保持機能なども、同様に Windows XP の PC に Java 言語 (JDK1.4.2) で実装しており、利用した DBMS は PostgreSQL8.0 である。合成エンジンの実装詳細は文献 6) を参照されたい。

サービス合成技術により、以下のような効果がある。

- ST の意味的記述により、仕様変更が容易

仕様変更に対して、SE 側の詳細を意識せずに ST のメタデータ変更のみで対応できる。これは、意味記述レイヤで検索後に Grounding を介して実際のインタフェースやエンドポイントを解決できること、UPnP

や WS などの実装によらず同じ ST で記述できること、ST はプログラムでなく一般人にも可読性ある日本語などで記述できること、という特徴による。

- 既存 SE の再利用による、開発効率向上

SE が WS や UPnP などの疎結合コンポーネントであるうえに、インタフェースは異なっても意味的に同等ならば、1 つの ST から Grounding を介して利用可能なため、再利用性を高めている。

- ユーザコンテキストに応じた SE 選択可能

ユーザコンテキストとユーザポリシー、SE Profile のマッチングで点数付けをして適切な SE の自動選択ができる<sup>7)</sup>。たとえば、近い SE を優先的に選択したいというユーザポリシーだと、そのポリシーに対応した評価関数として以下のようなものを利用して点数付けする。

$$F(\text{userLocation}, \text{seLocation}) = \exp(-(\text{ユーザ北緯} - \text{SE北緯})^2 - (\text{ユーザ東経} - \text{SE東経})^2)$$

近さだけでなく安さなど様々な評価関数の重ね合わせでユーザポリシーを設定可能である。

- 意味記述レイヤでの柔軟な同等機能の検索

ST 記述のメタデータと完全一致でなくても、OWL の同値・継承関係をたどることで、同等機能の検索が可能である。ただし、本仕組みは、本実験では、関係機関の要望になく、評価をしていない。オントロジ利用時の性能等については、文献 6) を参照されたい。

### 3. 買物支援サービス提案と実験目的

現在、各地にショッピングセンターやデパートがあり、多くの商品が集まることにより集客効果を高めている。ショッピングセンターには、多くのお客がくるが、お客側のニーズとして、

- 初めて来るお客にとって、欲しい商品がどこにあるか分からないため、案内が欲しい、
- 情報が多過ぎるため、自分の嗜好にマッチした商品情報やタイムセール情報、新品情報などだけ欲しい、
- 自分および、家族や友達が欲しいものをリマインドしてくれると助かる (例: 家の牛乳が足りなくなった母が情報掲示板のようなものに登録しておく、牛乳売り場に近づいた息子に牛乳を買うよう通知)、

などがある。また、ショッピングセンター側には、

- 個人個人にターゲットを絞って広告をしたい、
- インターネットや PC など IT の知識が少ないお客にも情報を届けたい、
- 会員カードなどを持つ限定顧客にだけ得な情報を届けて、リピータを増やしたい、

といった要望がある。

そこで、今回、NTTのサービス合成技術および大阪大学のコンテンツ流通エージェント技術、日立製作所の大量モビリティ対応認証制御技術を連携して、ユーザのセンター内での位置や時間やユーザ属性（年齢、性別、趣味、欲する商品リストなど）に応じて、タイムセール・新品入荷・推薦商品などの適切な情報を、マスコットやモニタやPDAを介して提供する、買物支援サービスを実現した。そして、開発した買物支援サービスを、エルムの街ショッピングセンターにおいて、実証実験を行った。

これらの機関での連携にいたった経緯は以下のとおりである。NTTはサービス合成技術の実用性検証のため、実フィールドでの実験を検討して提案していた。その中で、ユビキタス技術に興味を持つ青森県よりエルムの街をご紹介いただいた。ショッピングセンターでの利用を考えた際は、認証などのセキュリティ技術、ユーザに適切な商品を提案するための高適合率の商品推薦技術が必要であり、総務省のユビキタス委託研究のメンバでもある、日立製作所の認証技術と大阪大学の推薦技術が要望にマッチしていたため、3機関で連携を行うこととし、迅速な実験システム構築を実現した。

IT技術を用いた類似情報提供サービスとして以下のものがある。アマゾン<sup>15)</sup>は協調フィルタを用いた商品提案サービスを行っている。また、携帯電話の位置に応じて、近傍商店のクーポンをメールするサービスがある。美術館などで、RFID (Radio Frequency Identifier) を用いてユーザ位置を取得し、ユーザ近傍の美術品の説明をPDAに配信するサービスがある。しかし、アマゾンは仮想世界に閉じており、実際の商品を見に行く動機付けに欠ける。携帯電話によるクーポンサービスはコンテキストウェア性がなくスパムになりやすい。美術館説明サービスは、ユーザ位置には応じているが属性・嗜好に応じた説明はされていない。

今回実験する買物支援サービスは、ユーザやその家族が事前登録した興味を有する商品をマスコット振動を用いて通知するリマインドサービスと、モニタやPDAを用いて、近くの商品でユーザ属性に合った新作情報・タイムセール情報などの商品情報を表示する推薦サービスを通して、ユーザに実際の商品を見ることを促し、購買意欲を促進させることを目指している。

次章で買物支援サービス構成を説明するが、サービス合成エンジンが様々な機器・機能を連携することで買物支援サービスを実現する。実験目的は、開発および

実験を通して、以下の5つの検証を行うことである。

- ① 動的な発見/バインドを行うが性能は問題ないか。
- ② STの意味的記述により、仕様変更が容易か。
- ③ 既存SEの再利用性により、開発効率が高いか。
- ④ 合成エンジンがユーザコンテキストに応じて、適切なデバイス、サービスを合成可能であるか。
- ⑤ 買物支援サービスがユーザにとって魅力的か。

このうち、①～④がサービス合成技術の評価、⑤は3機関で技術連携した買物支援サービス全体の評価である。評価は、データログを用いた客観評価と、ユーザアンケートを通じた主観評価の両面から行う。

なお、共同研究機関である、大阪大学は商品推薦ロジックやコンテンツエージェントの性能評価、日立製作所は認証技術の実用性評価を、主な目的としている。

#### 4. 買物支援サービスシステム構成

本章では、実証実験サービス概要と機能構成、サービスフロー、実験諸元を説明する。

##### 4.1 サービス概要

お客は、以下の形で買物支援サービスを利用する。

① ユーザ情報登録：受付でユーザ情報を入力する。情報は、性別、年代、星座、職種（会社員、研究職など12種から選択）、興味ジャンル（衣類、スポーツなど19個から複数選択）、フリーワード、具体的に興味ある商品で、前4つは必須、後3つはオプションである。

② 端末選択：端末を、カード、マスコット、PDAから選択する。カードはパッシブRFIDタグがついており、センター内配置の情報提供Boxのリーダにかざすことで商品情報をモニタに表示できる。マスコットはアクティブRFIDとパッシブRFIDタグが付いており、移動中に振動や発声で近傍商品を通知したり、情報提供Boxのリーダにかざすことで商品情報を閲覧したりできる（図4）。PDAは、アクティブRFIDタグが付いており、移動中に近傍商品の画像を表示できる。端末IDとユーザ情報はDBにより紐付けられる。

③ 買物散策：カードは、情報提供Boxにかざすことで、近傍商店商品の中でユーザ好みに近い商品情報が、モニタに表示される（図5）。図5では、ユーザが飲食店に興味があり、年代も若いため、近傍ファストフードのハンバーガー新製品が推薦されている。画面を詳しく見ると、画面左上のフラッシュが、近傍商店で1番目の推薦商品であり、画面左下の静止画が2番目以降の推薦商品であり、1番フラッシュの終了とともに順々に左上のフラッシュ領域で表示される。フラッシュ商品は、くわしく見るボタンを押すことで、



図 4 情報提供 Box とマスコットの利用例  
Fig. 4 Example of experiment user usage.



図 5 商品情報推薦画面（権利関係上、商品画像にはぼかしを入れ、店名は架空のものとしている）  
Fig. 5 Goods recommendation information image.

値段などの商品詳細情報を見ることができる。これらのユーザ操作ログは収集され、商品推薦アルゴリズムに利用される。画面右下は、星占い情報であり、認証情報に入っているユーザ星座に基づいて、星占い情報を取得して表示している。

マスコットは、移動中に、ユーザが具体的に興味あると登録した商品や興味ジャンルに数多く適合し高い推薦度の商品が近傍にある際に、振動および発声・発光してユーザに商品存在を通知する。通知商品の詳細情報を知りたいユーザは、近くの情報提供 Box のリーダにマスコットをかざすことで、商品情報をモニターで閲覧できる。PDA は、センター内移動中に、近傍商店の中でユーザの好みに近い商品情報を PDA に表示する。

④ 端末返却：ユーザは、エルムの街から帰る際に端末を返却するとともに、アンケートを回答する。なお、カードは配布のため、別の日も利用可能である。

4.2 実験機能構成

実験機能構成を、図 6 に示す。これらの機能は、LAN

でつながっており、サービス提供時は、合成エンジンが、ST に基づいて、適切な SE を呼び出し実行することで、ユーザに情報を提供する。3 機関の役割分担としては、認証やユーザ情報管理などのセキュリティインフラを日立製作所が提供し、コンテンツ情報管理とユーザへのコンテンツ推薦を大阪大学が行い、それらの機能や画面作成機能、モニター、アクティブリーダなどの連携を、NTT のサービス合成エンジンが行う。また、マスコット端末とその制御システムは日立製作所が開発した。図 6 の各機能の概要を説明する。

受付端末：実験に参加するユーザのユーザ情報を、ユーザ情報 DB に登録する。

登録端末：テナントより提供いただいた商品情報を、コンテンツ DB に登録する。

マスコット：ユーザに貸与する人形で、振動や発光、発声でユーザに商品存在を通知する。付与されたアクティブ RFID タグとパッシブ RFID タグで位置とユーザを識別する。

PDA：ユーザに貸与する PDA で、近傍の店の商品画像を PDA に表示する。付与されたアクティブ RFID タグにより、位置とユーザを識別する。

カード：ユーザに配布するカードで、情報提供 Box のリーダにかざすことで、情報をモニターに表示する。貼付パッシブ RFID タグにより、ユーザを識別する。

ユーザ情報、お気に入り商品 DB：登録されたユーザ情報、ユーザと端末との紐付け、具体的に興味ある商品やお気に入り商品リストなどを管理する。

コンテンツ DB：商品情報を管理し、登録された商品情報を広告エージェントにアドタイズする。また、サービス実行時は、モニター SE からのリクエストに応じてコンテンツを表示する。「くわしく見る」ボタン押下時は、お気に入りリスト DB に商品 ID を登録する。

認証エージェント SE：ユーザ認証を行うエージェントであり、異なるドメインにユーザが移動した際もエージェントどうしで情報交換を行い、シングルサインオンで認証する。

推薦エージェント SE：P2P (Peer-to-Peer) で動作する商品推薦エージェントであり、ユーザ情報 DB のユーザ情報やお気に入り商品リストに基づいて、ユーザ属性、位置にマッチする商品情報を広告エージェントより検索する。マスコット振動時には、マスコットに通知する推薦レベルを決定し合成エンジンに返す。

広告エージェント：P2P で動作する商品広告エージェントであり、ユーザ属性や位置にマッチする商品情報を、推薦エージェント SE に返す。なお、広告エージェントは、OWL-S を持たず、合成エンジンから直

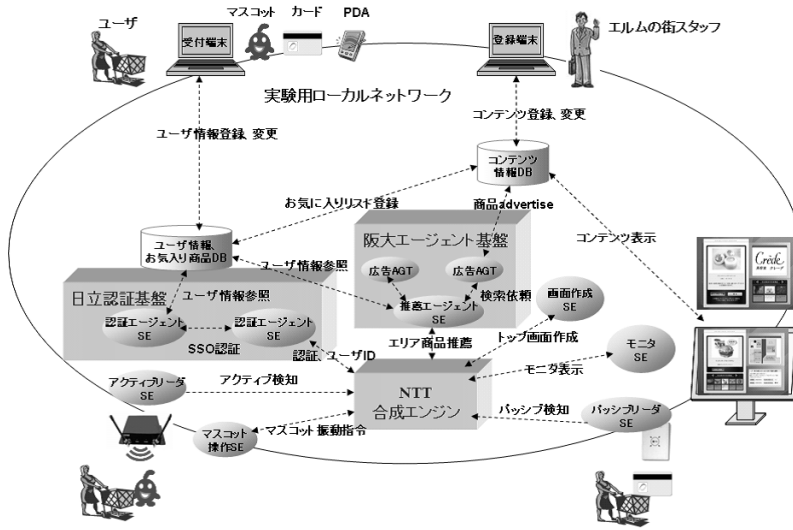


図 6 実験機能構成図

Fig. 6 Function configuration figure of the experiment system.

接バインドされるわけではないため、SE ではない。

アクティブリーダ SE：マスケットや PDA に付けられた、アクティブ RFID タグを検知し、検知イベントを合成エンジンに上げる（認識距離 10m 程度）。

パッシブリーダ SE：カードやマスケットに付けられた、パッシブ RFID タグを検知し、検知イベントを合成エンジンに上げる（認識距離 5cm 程度）。

マスケット操作 SE：通知する商品が近傍にあるマスケットユーザに、マスケットを指定された通知レベルで振動、発光、発声させることで通知する。

画面作成 SE：ユーザに推薦する商品情報とエリア地図、ユーザ星座に合わせた星占い情報を表示した Web ページを作成し、その URL を合成エンジンに返す。

モニタ SE：画面作成 SE の作った商品情報ページをモニタに表示する。また、商品情報表示前に、「お待ちください」という画面を表示する。

4.3 サービスフロー

次にサービスフローを説明する。ST は、リマインドサービスと推薦サービスの 2 つが合成エンジン上で動作している。リマインドサービスは、ユーザ登録時などに、ユーザが具体的に興味ある商品やお気に入り商品を登録していた際、その商品がユーザの近くにある場合にマスケットを振動させてリマインド通知するサービスである。推薦サービスは、ユーザの位置や属性から、ユーザ近傍商品でユーザ嗜好に合いそうな商品をモニタや PDA に表示するサービスである。

リマインドサービスフローは以下ようになる。な

お、リマインドサービスはマスケットのみ対象である。

① アクティブ RFID タグを付けたマスケットを持ったユーザが、検知範囲に入ると、アクティブリーダ SE が合成エンジンに、該当 ID の端末が入ったというイベントを上げる。

② 合成エンジンは該当 ID 端末を持つユーザが誰かを知るため、認証エージェント SE を呼び出し、認証情報が記載された認証チケットを発行してもらい認証するとともに、ユーザ ID を取得する。

③ ユーザ近傍で、ユーザにリマインドする商品があるかどうかを、推薦エージェント SE に問い合わせる。推薦エージェント SE は、広告エージェントと通信を行い、登録商品あり、登録商品なしだが高推薦度商品あり、低推薦度商品しかない、の通知レベルを返す。

④ 合成エンジンは通知レベルに応じて、マスケット操作 SE に操作命令を出す。前 2 つの場合はマスケットが異なるパターンで振動と発声をし、ユーザに登録商品や高推薦度の商品の存在を通知する。

通知されて気になったユーザは情報提供 Box にマスケットを置いて通知商品を調べる。その後のフローは、下記の推薦サービスと同じである。

推薦サービスのフローは以下ようになる。

① パッシブ RFID を付けたマスケットやカードを情報提供 Box のパッシブリーダにかざすと、パッシブリーダ SE が合成エンジンに、該当 ID の端末が入ったというイベントを上げる。

② 合成エンジンは、ユーザ近傍のモニタ SE を検索し、そのモニタに「待機中」という画面を表示する。

	数	備考
情報提供Box	20	ショッピングセンター内通路に固定配置。 Box外:タッチパネルモニタ、μチップリーダ、 SpiderVリーダ、マスコット操作アンテナ具備。 Box内:802.11b無線LANアクセスポイント、 SE提供用サーバ(PC)、各種PC、ハブ具備。
パッシブRFIDリーダ(μチップ)	20	μチップリーダ、通信距離5cm、2.45GHz帯。
アクティブRFIDリーダ(Spider V)	20	Spider Vリーダ、通信距離10m、303MHz帯。
マスコット操作アンテナ	20	通信距離5m、FM波。
マスコット	30	首から下げたり、手を入られる人形。 FM波受信機、μチップ、Spider Vタグ、振動 モータ、発光ダイオード、発声機、電池具備。
パッシブRFIDタグカード	2500	μチップ貼付。
PDA	5	802.11b無線LAN、Spider Vタグ具備。
参加店舗	98	実験期間中の改装に応じて数増減。
登録商品数	~500	各店舗は5商品程度を登録。
サービス合成エンジン	5	合成エンジンは各4つ情報提供Boxを管理。 IBM Netvista Desktop PC、Pentium4 2.56GHz、512MB RAM、WindowsXP SP2。 Java言語実装(JDK1.4.2)。
SEサーバ(モニタ、パッシブリーダ、アクティブリーダ、マスコット操作)	20	Compaq Evo Desktop PC、Pentium4 2.56GHz、512MB RAM、Windows XP SP2。 Axis1.1を用いてWSとして公開。
広告+推薦エージェントSEサーバ	5	HP dc5100 Desktop PC、Celeron 2.66GHz、1GB RAM、Windows XP SP2。 Axis1.1を用いてWSとして公開。
認証エージェントSEサーバ	5	Dell Optiplex Desktop PC、Pentium4 2.8GHz、2GB RAM、Windows XP SP2。 Axis1.1を用いてWSとして公開。
認証エージェント	5	Dell Optiplex Desktop PC、Pentium4 2.8GHz、2GB RAM、Linux(Fedora Core4)。 認証エージェントと認証エージェントSEは論理 上1つだが、今回の実験では別筐体で配置。
画面作成SEサーバ	2	IBM Netvista Desktop PC、Pentium4 2.56GHz、512MB RAM、Windows XP SP2。 Axis1.1を用いてWSとして公開。
コンテンツ情報DB	1	HP dc5100 Desktop PC、Celeron 2.66GHz、1GB RAM、Linux(CentOS 4.2)。
ユーザ情報DB	1	Dell Optiplex Desktop PC、Pentium4 2.8GHz、2GB RAM、Windows XP SP2。
SE-DB	1	IBM Netvista Desktop PC、Pentium4 2.56GHz、512MB RAM、Windows XP SP2。

図7 実験システム諸元

Fig. 7 Spec of experiment system.

③ リマインドサービスと同様に認証を行う。

④ 近傍でユーザに推薦する商品を検索するため、推薦エージェントSEに問い合わせ、推薦エージェントSEはユーザ近傍でそのユーザに推薦する商品の商品情報を5個以上10個以下で返す(リマインドされる商品は優先度が高い)。

⑤ 合成エンジンは、商品情報と認証チケットを画面作成SEに渡し、ユーザ向けの商品画面を作らせそのURLを取得する。

⑥ 合成エンジンは、画面URLをモニタSEに渡して、モニタに商品画面(図5)を表示する。また、ユーザ端末がPDAの場合はPDAに商品画面を表示する。合成エンジンは、これらのサービスフロー中で、適切な機器や機能の発見、選択、実行を一括して行う。機器は複数あるが、STにswitch文を書かなくても、ユーザ位置に応じて適切なモニタやマスコット操作SE選択を自動で行うことができる。

ここで、認証エージェントSEに日立製作所の大量モビリティ対応認証技術<sup>16)</sup>を用いている。この技術は、異なるドメインの数多くのユーザからの認証要求に対応するため、SAML (Security Assertion Markup Language) 認証チケットを、複数の認証エージェント間で引き継ぐことで、効率的なシングルサインオン認証を実現する技術で、実験では、受付で端末貸出時に認証した情報を引継いで、セキュアなサービスを実

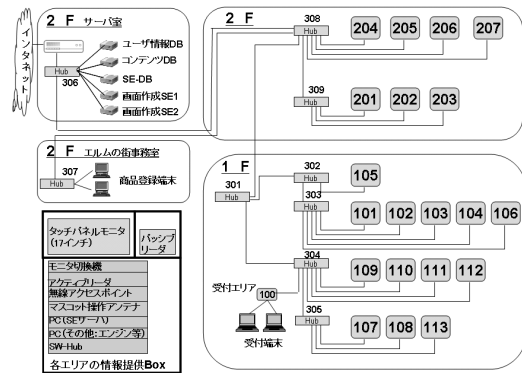


図8 実験ネットワーク構成

Fig. 8 configuration of the experiment network.

現する。

また、推薦エージェントと広告エージェントには大阪大学のコンテンツ流通エージェント技術を用いている。この技術は、物理的位置に応じたP2P検索技術LL-Net<sup>17)</sup>とメタデータマッチング<sup>18)</sup>を連携させた技術で、実験では、ユーザ近傍かつユーザ属性に合う商品推薦を行う。

#### 4.4 実験システム諸元

最後に、実験システムの諸元を図7に、実験ネットワーク構成を図8に記す。情報提供Boxは101-207までの20エリアに設置され、受付端末、商品登録端末、各種データベースなどいくつかのハブを介して、100Base-TXのEthernetで接続されている。各情報提供Boxには、図7のとおり各種機器が入っており、合成エンジンや認証エージェントSE、広告エージェントのPCなども各情報提供Boxの中に散在している。

#### 5. 実験結果と評価

実験は2006年2月4日から3月5日の1カ月にわたって行われ、合計2,252名のユーザに利用していただいた。なお、カードは配布したため、カードリピータはカウントされてない。実験のログデータとアンケート(769名回収)を通して、実験目的事項を評価する。

##### 5.1 実験目的事項の評価

###### ① サービス合成エンジンの処理性能

本実験では、サービス合成エンジンが、RFIDリーダによるユーザの検知イベントに応じて、認証、推薦などの各種SEを呼び出してサービスを合成する。図9の(a)に、推薦サービスSTの合成エンジン処理時間の典型例を示す。左の行がSTの制御タグである。OnMessageは非同期イベント受信、lockはlockタグで囲まれた範囲の処理の排他、copyはSE間のパ



(a)

STタグ	処理概要	処理時間
onMessage	パッシブリーダSEからのユーザ検知イベント受信	0:00:00.000
lock	イベントシーケンスの排他処理(ユーザの同時複数回のイベントを排他)	0:00:00.000
copy	ユーザ位置を選択条件にコピー	0:00:00.016
search	利用候補モニタSE検索	0:00:00.312
selectSE	位置に適切なモニタSE選択 モニタSEの読み込み画面表示メソッド呼び出し	0:00:00.000
copy	タグIDを次SEの引継ぎコピー	0:00:00.000
copy	タグ種別を次SEの引継ぎコピー	0:00:00.000
copy	ユーザ位置を次SEの引継ぎコピー	0:00:00.000
invoke	認証エージェントSEの認証チケット発行メソッド呼び出し(認証処理)	0:00:00.343
copy	タグIDを次SEの引継ぎコピー	0:00:00.000
copy	タグ種別を次SEの引継ぎコピー	0:00:00.000
invoke	認証エージェントSEのユーザID取得メソッド呼び出し	0:00:00.047
copy	ユーザ位置を次SEの引継ぎコピー	0:00:00.000
copy	ユーザIDを次SEの引継ぎコピー	0:00:00.000
invoke	推薦エージェントSEの商品推薦メソッド呼び出し	0:00:01.110
copy	ユーザ位置を次SEの引継ぎコピー	0:00:00.000
copy	ユーザIDを次SEの引継ぎコピー	0:00:00.000
copy	推薦商品を次SEの引継ぎコピー	0:00:00.000
copy	ユーザ情報を次SEの引継ぎコピー	0:00:00.000
invoke	画面作成SEのユーザ向け商品推薦画面作成メソッド呼び出し	0:00:02.843
copy	画面URLを次SEの引継ぎコピー	0:00:00.000
invoke	モニタSEの商品推薦画面表示メソッド呼び出し	0:00:00.016
/lock		0:00:00.000
/onMessage		0:00:00.000
		4.703 sec

(b)

	推薦サービス ST	リマインドサービス ST
平均処理時間	5.67 sec	1.33 sec
標準偏差	1.34 sec	0.32 sec
平均メモリ使用量	11.8 MB	9.93 MB

図 9 サービス合成エンジン処理時間  
Fig. 9 Process time for service composition engine.

ラメータ引継ぎ, invoke は SE のメソッド呼び出し, search は利用候補 SE の検索, select は利用候補 SE からの選択である. 中央の行が各処理の概要であり, 右の行はエンジンログのタイムスタンプより分析した処理時間である.

各処理概要の補足をする. 最初の copy では, パッシブリーダ SE からの「ユーザ位置」(数 byte)を, モニタを選択する際の評価関数の「ユーザ位置」にコピーしている. 今回の実験では, 多くのパラメータは数十 byte 程度のサイズだが, 推薦エージェント SE から画面作成 SE に引き継ぐ推薦商品情報は, 商品数が 10 個程度ある場合は 1kbyte 程度のサイズとなる. また, search では, SE データベースより表示機能を持つモニタ SE の OWL-S の Profile を取得する(モニタ SE は 20 個, profile.owl のサイズは 2kbyte 程度). select は, ユーザ位置と SE の Profile に基づいて近隣の SE の点数が高くなる評価関数で点数を付け, 高得点のモニタ SE を自動選択する.

図 9(a) から分かるように, 適切なモニタを検索, 選択する処理と一部パラメータ引継ぎに, 0.3 秒程度かかる以外は, ほとんどの時間が SE に SOAP メッセージでメソッドを呼び出しその結果が返ってくるのを待

- I このサービスが将来普及したら使いたいですか?
  - II 端末は何が使いやすいと思いますか?
  - III 推薦された商品はあなたの嗜好に合っていましたか?
  - IV コンテンツを表示するまでの時間は問題ありませんでしたか?
  - V 表示される情報を自分向けにカスタマイズしたいですか?
- (例: 星占い, バス時間, 天気予報等)

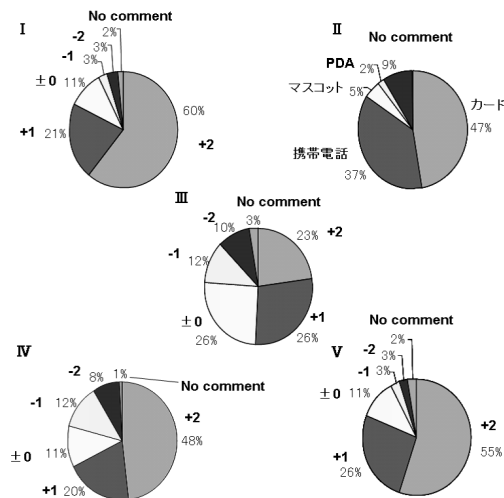


図 10 ユーザアンケート結果 (769 名)  
Fig. 10 Results of user enquete.

つ時間である. すなわち, 合成エンジンの処理時間はきわめて少ない.

また, 各 ST の全ログの平均処理時間と平均メモリ使用量を図 9(b) に示す. 平均処理時間はパッシブ RFID タグのイベントを受け付けてからモニタにコンテンツを表示するまでの平均処理時間は 5.67 秒, アクティブ RFID タグのイベントを受け付けてからマスコット振動指令までの平均処理時間は 1.33 秒と, 問題ないことが分かる. 標準偏差がやや大きい, 実験ネットワークにパースト的にトラフィックがかかった際に, 推薦エージェント SE のレスポンスが劣化するため, その影響が標準偏差の大きさに表れている. メモリ使用量に関しては, 推薦 ST は 9MB ~ 14MB の間を, リマインド ST は 7MB ~ 13MB の間を推移し, ガーベージコレクションによりメモリ使用量が減る形となっている. メモリ使用サイズも問題なく, より多くのユーザの同時利用や, より多くの ST が合成エンジン上で動作させることも可能である.

また, 図 10 IV のアンケート結果からも, モニタにコンテンツが表示されるまでの時間は, 大半のユーザから許容範囲との回答を得ている.

以上の結果より, Semantic Web 記述を解釈し, 動的に SE を発見, バインドする処理も実行性能上問題ないことを確認した. Semantic Web を用いたサービス合成で実用的なフィールド実験を行った研究は少な

いが、処理性能に関して実用性を検証できた。

### ② 仕様変更に対する対応容易性

今回実験期間中に、画面遷移に関する仕様変更の依頼がエルムの街よりあった。具体的には、カードをパッシュリーダーに置いた際、商品画面が表示されるまでに、認証、推薦、画面作成ステップが入り、5秒程度かかるが、心理的待機時間を減らすため、カードを置いた直後に、「現在読み込み中、少しお待ちください」という表示を出すというものである。

従来の密に結合したシステムの場合、パッシュリーダーからのユーザ検知イベントがイベントリスナに通知された後処理として、WindowsのInternet Explorer componentなどのAPIを利用して「お待ちください」といったテキストや画像を表示するようにプログラムを変更し再度コンパイルする必要がある。その際に、変更すべきプログラムの該当部がどこかの確認や、変更した際に別処理に悪影響が出ないかを検討する必要があり、該当プログラムを作成したプログラマ以外では、迅速な変更は困難である。また、プログラムのため、コンパイラや開発環境が必要になる。

今回の実験では、パッシュリーダーSE、モニタ表示SE、画面作成SEは、コンポーネントとして独立であるため、プログラムには手をつけず、指定の読み込み画面をモニタに表示する処理をSTにテキストを2行追加するだけで、仕様変更に対応できた。ST変更は5分、入れ替えたSTで5台の合成エンジンの動作確認も30分で終わることができた。利用したツールもWindowのnotepadだけであり、特に専門知識や開発環境を持たない第3者がSTを数行変更するだけで仕様変更に対応できる。また、STを書き直す際も、状況やエリアごとにswitch文を書くわけではないので、SEのメタデータ変更やエンジンごとにSTを変える必要はない。

### ③ 開発効率

サービス合成技術を用いて、NTT、大阪大学、日立製作所の既存機能を連携することで、開発効率は高かった。今回合成エンジンが連携する機能は、認証エージェントSE、推薦エージェントSE、モニタSE、アクティブリーダーSE、パッシュリーダーSE、マスコット操作SE、画面作成SEであるが、前4つは既存機能をそのまま利用できた。NTTの新規開発は画面作成SEだけであり、1k line程度の開発規模にすぎない。

また、結合試験稼動も、各機能SEの単体試験を行った後に結合試験を行うため、STのinvokeタグを中心に試験を行えばよく、試験稼動も従来に比べて削減できている。今回の実験では、2月開始に向け、1月1週

目より結合試験を始めて3週目までの試験で、十分な品質で実証実験を行うことができた(実験中無停止)。

従来のBPELによるサービス連携では、連携する個々のWSを実行前に設定する必要がある(ベンダ実装依存があるが、BPELファイル自体にはWSのポートタイプだけ記述し、どのWSとバインドするかのバインド情報は設定ファイルで持つ形と、WSのポートタイプ名を変えBPELファイル自体に別のポートタイプとして記述する形がある)。そのため、同じような動作をするサービスフローであっても、モニタSEなど場所に依存するSEが各20個ずつあるため、BPEL+バインド設定ファイルを20パターン用意するか、BPELファイルを20ファイル用意する形となり、設定稼動、試験稼動が大きくなる。また、1つのBPELファイルで行う場合は、switch文で全パターンを記述する必要がある。あるいは、共通的に利用される処理をサブBPELの形で上位BPELからはWSとして見せる方法があるが、前述のとおり、バインドされるWSを特定するため、サブBPELとその設定ファイルを20パターン準備する形となる。

サービス合成では、ユーザコンテキストに応じて利用可能なSE候補のProfileを参照し、動的に利用するSEを選択して実行する形なので、合成エンジンに入力するSTは1ファイルで済む。

### ④ ユーザ状況に応じた適切なSEの選択

サービス合成では、ユーザ状況に応じた適切な機器、機能を選択して合成する。本実験では、ユーザ位置をもとに、20のモニタからユーザ近傍モニタを選択して表示している。具体的には、ユーザ位置とSEのProfileに基づいて近傍のSEの点数が高くなる評価関数で点数を付け、高得点モニタを選択してバインドする。また、表示機器としてPDAを使用する場合は、ユーザ位置に応じて近傍商品をPDAに表示することができる。図9の合成エンジンログより、モニタ検索と選択には、合わせて0.3秒しかかかっておらず、状況に応じたSE選択が十分可能であることを示している。

また、このようなユーザに合わせたカスタマイズが望まれるかのアンケート結果(図10V)でも、星占いだけでなく天気など個人にカスタマイズされたサービス提供を望むという意見が8割を占めており、本技術のニーズが高いことを示している。

### ⑤ 買物支援サービスの評価

2,000名を超えるユーザに参加いただき、8割のユーザから今後利用したいという意見をもらえるなど(図10I)、買物支援サービスはおおむねユーザに

受け入れられた。コンテンツ表示時間も問題ないという意見が大半である。しかし、図 10 III の推薦の適合率に関しては、半数しか肯定意見を示していない。これは、推薦ロジックが、ユーザ属性と利用履歴学習によるため、1 回の体験では履歴が少なかったためといえるが、適合率を高くするための改善が必要である。また、商品情報を提供するエルムの街ショッピングセンターから、情報登録に関する不満はほとんどなく、運用に関して問題はなかった。

今後は、図 10 II のとおり、ユーザから要望が多かった、携帯電話をユーザ ID にして情報提供できる方法の検討（携帯番号や携帯付属の Felica IDなどをユーザ ID として利用）、購入履歴情報との連携による推薦高度化、表示情報をユーザがカスタマイズ可能にするための ST 変更 GUI エディタ整備などを進め、ショッピングセンター向けソリューションとして提案する。

### 5.2 今後の課題

今回の実験では、機器設置後に動作確認試験を全 20 エリアで行ったため、確認稼働のコストは大きかった。これは、IP アドレスや WSDL 設定ミスなどによる誤動作を防ぐためと、実ユーザに利用してもらうため念を入れ、全エリアで推薦商品妥当性を含めた確認を行ったためである。今後は、SE の OWL-S をデータベースに登録する際、該当 SE が Grounding 記述を介してアクセス可能かの試験ツールを開発し、それが通れば確認試験は省くなどの稼働を減らす工夫が必要である。

実験ではモニタに表示する商品情報画面をユーザごとに動的に作るが、デザインや画面遷移の作り込みが多かった。認証、商品推薦などの機能連携は合成エンジンにより容易にできるが、画面デザインに凝るほどその分の開発規模が増えてしまった。Portlet など、画面部品の WS も出てきているため、画面部品を SE として連携する方法も検討する必要がある。

サービス合成技術の特徴として、異なるメタデータどうしの関係をオントロジ DB に登録し、同値クラスやサブクラスを代替 SE として発見し利用することができるが、本実験では関係機能要望になく検証できなかった。別機会に実フィールドで検証して報告したい。

### 5.3 産学連携による利点と課題

大阪大学、日立製作所との連携で、NTT にない機能を SE として利用することで、迅速に買物支援サービスを実現できた。著者らの技術は、WS や UPnP、Semantic Web などの標準をもとに、状況に応じて機能連携する技術であり、標準技術がベースであるためスムーズな連携が可能であった。

しかし、今回、3 機関で開発を行ったが、設計や試験などで多くの文化的違いがあった。具体的には、以下のようなものがある。

- 個別開発、結合試験スケジュールを、企業側は悲観的にとるが、大学側は楽観的であり調整が必要である。
- 企業側は実験直前や実験期間中のプログラム変更に消極的だが、大学側は積極的である。
- 設計資料の書式が各機関で異なるため、全体設計書を作成する稼働が大きい（シーケンス図と機能ブロック図で書く機関があれば、まったく別書式の機関もある）。

文化的違いをどちらかに合わせるのは困難をとまなうため、標準モデリング言語である UML (Unified Modeling Language) などを用いた設計や、プロジェクトマネジメント標準である PMBOK (Project Management Body Of Knowledge)などを参考にしたスケジューリングの採用が効果的と考える。

また、各機関の提供 SE のメタデータ付けは著者らが独自に行ったが、未知の機関どうしの連携を容易にするためには、共通に利用できるメタデータオントロジが必要である。ユビキタス環境に利用できるオントロジとして、Pervasive Computing Standard Ontology<sup>19)</sup>などが提案されており、それらの適用を検討する。

## 6. 関連研究

ネットワーク上のサービスコンポーネントを連携させ、サービスを提供するという従来手法としてはいろいろあるが、対象、想定が本研究と近いものとして、BPEL<sup>10)</sup>、STONE<sup>20)</sup>、Ninja<sup>21)</sup>などがあげられる。BPEL、STONE、Ninja は、本研究の ST と同様に、それぞれ BPEL 文書、サービスグラフ、Path という、サービスコンポーネントの連携手順記述に従ってサービスを合成する。BPEL は、WSDL に強依存のため、他の WS の代替が困難であることを 2 章で述べた。そのため、BPEL を相補する技術として、WSCDL<sup>22)</sup> (Web Services Choreography Description Language) が検討されているが、実装は進んでいない。STONE は、単機能コンポーネントを出入力インタフェースに独自の名前付けをし、名前一致のコンポーネントのみバインドすることで接続性を保証しているが、その独自性ゆえ拡張性や普及容易性にかける。本研究では、標準である WS と UPnP デバイスのインタフェース情報に意味的メタデータを付け、検索時はメタデータとその OWL リンクを用いて検索し、実

行時に実際のインタフェースに変換して呼び出すことで、柔軟な合成を実現している。

本研究と同様、Semantic Web 技術を用いてサービス合成する試みに、Task<sup>23)</sup> や Ubiquitous Service Finder<sup>24)</sup> がある。Task では、デバイスやオブジェクトをすべてサービス化し、それを OWL-S で記述する。SE にあたるものをサービスと呼ぶが、ユーザがいるエリアで利用可能なサービス群の中で、あるサービスの出力が次のサービスの入力になる 2 つのサービスの組合せ候補が提示され、手で組合せを選択し合成サービスを実行する。Ubiquitous Service Finder も同様に、入出力がマッチする WS を順次呼び出し数珠つなぎに合成を行う。Task と本研究の違いとしては、Task がエリア内の、あるサービスに組み合わさる他のサービスを探す形で、個々のサービスに注目してボトムアップ的に合成するのに対し、本研究はまず欲する合成サービスを ST としてユーザが指定し、それに合う SE を発見し合成する形で、トップダウン的な合成を目指している。これらは相補的といえるが、Task ではエリア内のサービス数が増えた場合に組合せ候補が増えすぎユーザの手動選択が困難、1 つずつつながっていく形であるため分岐やループなどの複雑なサービスの実現が困難、という課題がある。本研究は、欲する機能を ST に記述したカテゴリに絞っているため、カテゴリごとに適切な SE を選択するため選択が容易であり、また ST に分岐、ループなどのタグを記述することで複雑なサービスも実現可能である。また、SE 利用履歴から ST を自動生成するボトムアップ的仕組みの検討も行っている<sup>4)</sup>。

文献 3) は著者らの以前の研究であり、1 つの ST で同等機能を持つ複数の SE を交換可能とする概念は類似だが、技術、実装工夫の点で大きな差異がある。

技術的には、文献 3) は単に同等機能の SE の交換可能性を実現するだけだが、本研究は、同等機能の SE からユーザコンテキストに応じて適切な SE を選択する方式を考案・実装しており、コンテキストアウェアサービスを可能としている<sup>7)</sup>。また、文献 3) では SE として WS のみ対象としていたが、本研究は UPnP など別コンポーネントも同じ ST から利用できるように、拡張性が高い。さらに、メタデータ関係を手動記述する形から、オントロジマッピング<sup>13)</sup> を利用して OWL リンクを機械的に抽出する方式を考案、実装している。

実装工夫の点では、文献 3) では独自記述だった SE や ST を Semantic Web や BPEL などの標準を利用した形で実装している。特に、文献 3) では、意味的メタデータから具体的処理への変換を SE 側で行って

いたが、Grounding を用いて合成エンジン側で行うことで、市中の WS や UPnP をそのまま利用できるようにしており普及の障壁を下げている。また、合成エンジンの提供形態として、単数 ST をローカルのエンジンで実行する形から、複数の ST をネットワークを介して同時に起動可能に実装しており、これにより、今回の実証実験のように多くのユーザの同時利用を可能としている。

## 7. まとめ

著者らが開発したサービス合成技術と、大阪大学のコンテンツ流通エージェント技術、日立製作所の大量モビリティ対応認証技術を連携して、買物支援サービスを実現し、エルムの街ショッピングセンターで実証実験を行った。実証実験と開発を通して、仕様変更に対する対応容易性、合成エンジン実行性能、既存 SE 利用による開発効率有効性を検証できた。しかし、ユーザ表示画面の作り込みと、確認試験稼働をどのように低減していくかは今後の課題である。今回、産学連携の取組みとして、大阪大学、日立製作所との連携を行い、自組織だけでは持ちえない技術の連携により迅速なサービス実現が可能であった。また、産学連携開発をより効率的に進めるためには、共通のモデリング手法、標準技術採用が重要であるとの知見を得た。

今後の予定としては、サービス合成技術をより多くのユーザに利用してもらうため、合成エンジンをインターネット上のサーバに配置し、携帯電話で合成エンジンにアクセスし様々な SE を合成可能にする、ネットワークサーバ型合成エンジンの研究開発を行う。さらに、ST 作成を容易にする GUI エディタ、オントロジマッピング技術を用いたメタデータ自動付与ツールの研究も推進していく。また、実験を行った買物支援サービスに関しても、ユーザ意見を反映させて、より便利でカスタマイズ可能なものとして、ショッピングセンター向けソリューションとして実用化を目指す。

謝辞 本研究の一部は、平成 17 年度総務省「ユビキタスネットワーク認証・エージェント技術の研究開発」の研究助成によるものである。実験フィールドとしてエルムの街ショッピングセンターを提供いただいた、五所川原街づくり株式会社に感謝する。また、本実験推進にあたり協力いただいた青森県、五所川原市、五所川原商工会議所、青森県商工会議所連合会、社団法人青森県情報サービス産業協会、株式会社ルネサスハイコンポーネンツ、NTT 東日本青森支店に感謝する。

## 参 考 文 献

- 1) Weiser, M.: Some computer science issues in ubiquitous computing, *Comm. ACM*, Vol.36, No.7, pp.75–84 (1993).
- 2) Schilit, B., Adams, N. and Want, R.: Context-Aware Computing Applications, *IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications* (Dec. 1994).
- 3) 武本充治, 大石哲也, 岩田哲弥, 山登庸次, 田中洋平, 徳元誠一, 島本憲夫, 黒川 章, 須永 宏, 小柳恵一: コピキタスコンピューティング環境に適したサービス提供アーキテクチャにおけるサービス合成方式とその実装, *情報処理学会論文誌*, Vol.46, No.2, pp.418–433 (2005).
- 4) Yamato, Y. and Takemoto, M.: Method of Service Template Generation on a Service Coordination Framework, *2nd International Symposium on Ubiquitous Computing Systems (UCS2004)* (Nov. 2004).
- 5) 山登庸次, 田中洋平, 徳元誠一, 大石哲矢, 武本充治: 携帯電話実装型サービス合成エンジンの研究開発と評価, FIT2005 LL-001 (Sep. 2005).
- 6) Yamato, Y., Tanaka, Y. and Sunaga, H.: Context-aware Ubiquitous Service Composition Technology, *The IFIP International Conference on Research and Practical Issues of Enterprise Information Systems (CONFENIS2006)* (Apr. 2006).
- 7) 山登庸次, 田中洋平: ユーザコンテキストに適したサービス要素提案機能を備えたサービス合成エンジンの開発, *電子情報通信学会技術報告 NS2004-225* (Mar. 2005).
- 8) エルムの街 web site .  
<http://www.elm-no-machi.jp/>
- 9) UPnP web site. <http://www.upnp.org/>
- 10) WS-BPEL web site.  
<http://www.oasis-open.org/committees/download.php/18714/wsbpel-specification-draft-May17.htm>
- 11) Martin, D., Paolucci, M., McIlraith, S., Burstein, M., McDermott, D., McGuinness, D., Parsia, B., Payne, T., Sabou, M., Solanki, M., Srinivasan, N. and Sycara, K.: Bringing Semantics to Web Services: The OWL-S Approach, *International Workshop on Semantic Web Services and Web Process Composition (SWSWPC2004)* (2004).
- 12) OWL-S web site.  
<http://www.daml.org/services/>
- 13) Nakatsuji, M., Miyoshi, Y. and Kimura, T.: Proposal and Verification of Flexible Interface Mapping Technique for Automatic System Cooperation based on Semantics, *Web Intelligence 2005* (Sep. 2005).
- 14) Noy, N.F. and Musen, M.A.: Anchor-PROMPT: Using Non-Local Context for Semantic Matching, *International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI) 2001* (2001).
- 15) Amazon web site. <http://www.amazon.com/>
- 16) Nishiki, K. and Tanaka, E.: Authentication and Access Control Agent Framework for Context-Aware Services, *The 2005 International Symposium on Applications and the Internet (SAINT2005) Workshop*, pp.200–203 (Feb. 2005).
- 17) Kaneko, Y., Harumoto, K., Fukumura, S., Shimojo, S. and Nishio, S.: A Location-Based Peer-to-Peer Network for Context-Aware Services in a Ubiquitous Environment, *Proc. 2005 Symposium on Applications and the Internet (SAINT2005) Workshops*, pp.208–211 (Feb. 2005).
- 18) Okuda, T., Miyamoto, T., Takeuchi, S., Harumoto, K. and Shimojo, S.: Unified Architecture for Managing User Profiles, *International Symposium on Applications and the Internet (SAINT2005) Workshops*, pp.192–195 (Feb. 2005).
- 19) Pervasive Computing Standard Ontology web site. <http://pervasive.semanticweb.org/>
- 20) 南 正輝, 森川博之, 青山友紀: 動的でアドホックなネットワークサービスフレームワークの検討, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム (DICOMO2000) (June 2000).
- 21) Gribble, S., Welsh, M., Behren, R., Brewer, E., Culler, D., Borisov, N., Czerwinski, S., Gummadi, R., Hill, J., Joseph, A., Katz, R., Mao, Z., Ross, S. and Zhao, B.: The Ninja Architecture for Robust Internet-Scale Systems and Services, *Special Issue of Computer Networks on Pervasive Computing* (2000).
- 22) WS-CDL web site. <http://www.w3.org/TR/2004/WD-ws-cdl-10-20041217/>
- 23) Masuoka, R., Parsia, B., Labrou, Y. and Sirin, E.: Ontology-Enabled Pervasive Computing Applications, *IEEE Intelligent Systems*, Vol.18, No.5, pp.68–72 (2003).
- 24) 川村隆浩, 上野晃司, 長谷川哲夫, 大須賀昭彦: Ubiquitous Service Finder—コピキタス環境におけるユーザ中心のサービス指向コンピューティング, セマンティック Web コンファレンス 2005 (Feb. 2005).

(平成 18 年 4 月 22 日受付)

(平成 18 年 11 月 2 日採録)



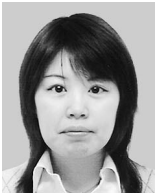
山登 庸次 (正会員)

2000年東京大学理学部卒業。2002年同大学大学院理学系研究科修了。同年日本電信電話(株)入社。P2P, ユビキタスコンピューティング研究に従事。電子情報通信学会会員。



中野 雄介 (正会員)

2005年和歌山大学大学院システム工学研究科修了。同年日本電信電話(株)入社。Webマイニング, ユビキタスコンピューティング研究に従事。



横畑 夕貴 (正会員)

2004年名古屋大学大学院地球環境科学専攻修了(理学)。同年日本電信電話(株)入社。P2P, ユビキタスコンピューティング研究に従事。電子情報通信学会会員。



浜田 信 (正会員)

1991年東京工業大学工学部生産機械工学科卒業。1993年同大学大学院理工学研究科生産機械工学専攻修士課程修了。同年日本電信電話株式会社入社。以来、交換ソフトウェア開発環境, P2P, ユビキタスコンピューティング研究に従事。電子情報通信学会会員。



武本 充治 (正会員)

1992年東京大学理学部情報科学科卒業。1994年同大学大学院理学系研究科情報科学専攻修士課程修了。同年日本電信電話株式会社入社。以来、NTTネットワークサービスシステム研究所, NTT未来ねっと研究所等において、分散コンピューティングシステムの研究に従事。1999~2000年Massachusetts Institute of Technology, Laboratory for Computer ScienceにおいてVisiting Scientistとして研究に従事。2003年より、早稲田大学大学院情報生産システム研究科博士後期課程に在学中。1998年電子情報通信学会学術奨励賞受賞。IEEE, 電子情報通信学会各会員。



須永 宏 (正会員)

NTT研究所にて、交換システム, CTRON, P2P, Grid, ユビキタス等通信ソフトウェアの研究開発に従事。ITU-Tにてレポート(ネットワーク管理), TTC専門委員会(IP電話)委員長等も務め、1999年にITU協会賞受賞。1981年東京工業大学工学部制御工学科卒業、1983年同大学大学院制御工学専攻修了、2002年東北大学博士(情報科学)。電子情報通信学会, IEEE各会員。



田中英里香 (正会員)

2001年電気通信大学電気通信学部機械制御工学科卒業。2003年同大学大学院電気通信学研究科機械制御工学専攻修了(修士)。同年(株)日立製作所システム開発研究所入社。入社以来、ユビキタス環境におけるコンテキストウェア認証・アクセス制御技術の研究に従事。ロボット学会会員。



西木 健哉 (正会員)

1989年京都大学理学部卒業、同年日立製作所入社。現在、システム開発研究所情報サービス研究センタに所属し、実空間指向サービスプラットフォームの研究開発に従事。IEEE会員。



寺西 裕一 (正会員)

1995年3月大阪大学大学院基礎工学研究科物理系専攻情報工学分野博士前期課程修了。1995年4月日本電信電話株式会社入社、同情報通信研究所勤務。2002年西日本電信電話株式会社研究開発センター勤務。2004年4月、同主査。2005年1月大阪大学サイバーメディアセンター応用情報システム研究部門講師、現在に至る。博士(工学)(2004年3月, 大阪大学)。



下條 真司（正会員）

1986年大阪大学大学院基礎工学研究科物理系専攻博士後期課程修了。工学博士。1986年大阪大学基礎工学部助手。1989年大阪大学大型計算機センター講師。1991年大阪大学大型計算機センター助教授。この間（1996年2月から9月まで）、米国カリフォルニア大学アーバイン校客員研究員。1998年大阪大学大型計算機センター教授。2000年大阪大学サイバーメディアセンター教授（副センター長）、2006年同センター長、現在に至る。電子情報通信学会、ACM、IEEE、ソフトウェア科学会各会員。

---