

マルチドメイン構造を用いたセマンティック Web 検索対話システムの提案

小澤 克貴^{1,a)} 荒木 雅弘^{1,b)}

概要: 現在開発が行われている検索対話システムの多くは、特定のタスクドメインを処理するものであるため、新たに拡張を行う際に開発者の負担が大きいという問題がある。そこで、タスクごとにドメインモジュールを作成し、モジュール間の関連性を定義することで実現する、マルチドメイン構造を用いたセマンティック Web 検索対話システムを提案する。提案手法により、追加したいタスクのモジュール化と、モジュール間の関連性の追加記述のみで拡張が可能になった。

キーワード: 音声対話システム, マルチドメイン, セマンティック Web

A Multi-domain Dialogue System for Semantic Web Search

Abstract: A large part of previous dialogue systems have a problem of extensibility of tasks and domains due to intermixed code of general dialogue management and task/domain dependent code. In order to realize a domain-extensible dialogue system, we propose a multi-domain dialogue system architecture based on semantic Web ontology which is used as a glue between domain modules. It enables independent development of dialogue system for each domain and combines them by simple description of concept relations.

Keywords: spoken dialog system, multi-domain, semantic web

1. はじめに

近年、Web 検索の利便性の向上という観点から対話的なセマンティック Web 検索への関心が高まっており、研究が進められている [1], [2]。また、共通オントロジーとして Schema.org^{*1}、セマンティック DB として Freebase^{*2} が登場したことにより、セマンティック Web の実現環境も整いつつあるといえ、携帯情報端末が普及している今日、音声等の検索対話システムへの導入が予想される。

ユーザがある目的（例えば国内旅行）を持って検索を行う場合、まず目的サイトで情報を取得する。その後、それに関連する情報（例えば交通手段、食事処）の検索をするということがしばしば見受けられる。この2つの検索は関連しているため、1つの検索対話システムで取り扱うこと

で利便性の向上が図れる。しかし、これまで開発されてきた検索対話システムの多くは、特定のタスクドメインを処理するものであった。そのため、上記のシステムを構築する場合、1から作成するか、もしくはすでにあるシステム同士を統合するということになる。どちらの方法をとっても、新たにタスクドメインを追加する場合、システムの再構成が必要となるため、開発者の負担が大きくなってしまふ。これに対して長森ら [3] は、タスクドメインごとに独立したドメインモジュールを作成し、マネージャによってそれらを統括するマルチドメイン対話システムを提案している (図 1)。しかし、[3] の手法では、モジュール数の増加によってマネージャのドメイン選択の性能が低下し、システム全体の性能が低下するという問題がある。これに対して、神田ら [4] や池田ら [5] は対話履歴やトピック推定を用いることでドメイン選択の高精度化を提案しているが、マネージャの性能がシステム全体の性能に影響するという構図自体は変わっていない。また、モジュール同士の関連性についてはあまり考慮されていない。

¹ 京都工芸繊維大学 Kyoto Institute of Technology, Sakyo, Kyoto 606-8585, Japan

a) ozawa@ii.is.kit.ac.jp

b) araki@kit.ac.jp, <http://www.ii.is.kit.ac.jp/araki>

*1 <http://schema.org/>

*2 <http://www.freebase.com/>

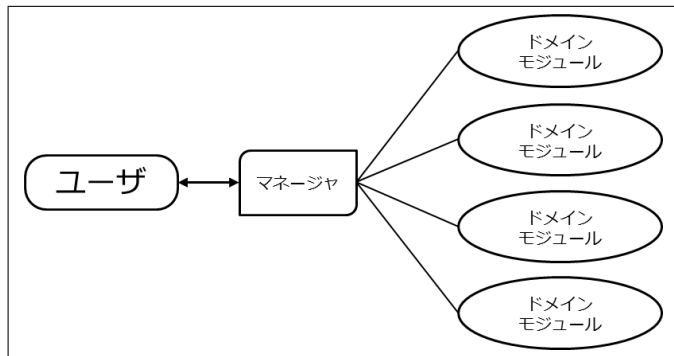


図 1 従来システム

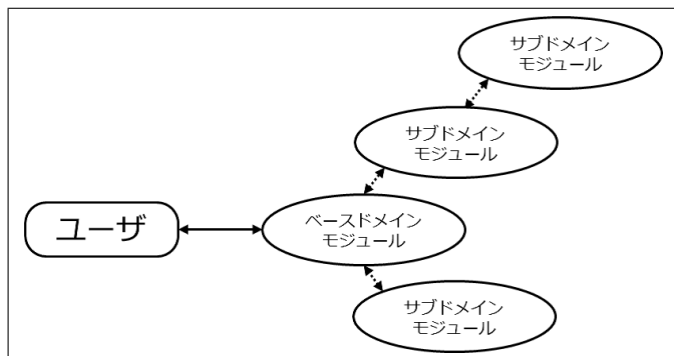


図 2 提案システム

そこで本研究の目的として、モジュール間の関連性を考慮した上で、拡張性があり、かつ容易に構築できる検索対話システムのアーキテクチャの実現を目指す。本稿では、タスクドメインごとに作成したドメインモジュールを関連付けることで実現可能な、マルチドメイン構造を用いたセマンティック Web 検索対話システムのアーキテクチャを提案する。本手法では、ベースとなるドメインモジュール（ベースモジュール）と追加したい複数のドメインモジュール（サブモジュール）という分類で対話システムを作成し、モジュール間の関連性について定義することによってマルチドメイン構造を実現する（図 2）。新たなタスクドメインを追加する際は、ドメインモジュールの作成と、既存のドメインモジュールとの関連性を定義するのみでよい。本手法ではベースモジュールにサブモジュールを関連付けて繋げているため、図 1 の従来手法に対して、図 2 のようにマネージャを介さず、直接ドメインモジュールに対して検索対話が可能である。

本稿では、まず 2 章でセマンティック Web 検索について述べる。3 章でマルチドメイン構造を用いたセマンティック Web 検索対話システムの設計について述べ、4 章でその実装について説明する。5 章で本稿のまとめと今後の課題について述べる。

2. セマンティック Web 検索

セマンティック Web は、ソフトウェアが理解可能なように Web を再構築する考え方であり、Web ページのデー

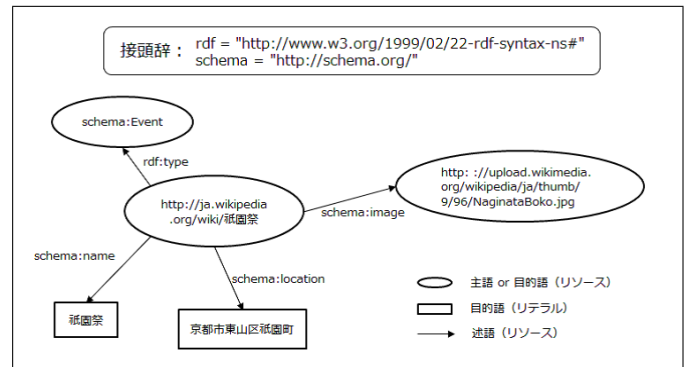


図 3 RDF グラフの例

タの意味をメタデータで記述することで実現される。以下にセマンティック Web の構成要素および技術に関して述べる。

2.1 RDF

Resource Description Framework(RDF)^{*3}は、セマンティック Web においてメタデータを表現する一般的な方法である。RDF は、メタデータを主語・述語・目的語のトリプルによって表現する。この RDF トリプルが複数集まって構成されたものを RDF グラフと呼ぶ。図 3 に、「祇園祭」に関する RDF グラフの例を示す。

さらにセマンティック Web には、RDFS^{*4}や OWL^{*5}という RDF の推論を可能にする記述方法があり、これらの記述を RDF に加えることで、RDF では宣言されていないことを追加できる。そのため、セマンティック Web のデータベースは、単なるデータ一致検索ができるだけでなく、推論を用いた深い検索が可能である。

2.2 SPARQL

SPARQL^{*6}は、RDF のクエリ言語である。接頭辞、クエリ、変数を含んだ部分グラフ及び出力修飾から構成されており、RDF グラフからマッチする部分グラフを検索して、クエリに沿った結果を返す。図 4 の SPARQL は、「京都市東山区」で開催されるイベントについて、マッチする部分グラフを探して、イベント名順に上位 5 件の結果（イベント名・場所・画像の URL）を返す。

2.3 オントロジー

オントロジーとは、物事の概念的な分類であり、セマンティック Web においてはメタデータ表現に用いる語彙のことである。図 3 や図 4 における「rdf:type」、「schema:Event」などがそれにあたる。セマンティック Web では、このオントロジーを用いてデータの構築を行う。オントロジーの共

*3 <http://www.w3.org/RDF/>

*4 <http://www.w3.org/TR/rdf-schema/>

*5 <http://www.w3.org/2004/OWL/>

*6 <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>

```

接頭辞 PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX schema: <http://schema.org/>
クエリ SELECT ?x ?name ?location ?image
部分グラフ WHERE{
    ?x rdf:type schema:Event.
    ?x schema:name ?name.
    ?x schema:location ?location.
    FILTER regex(?location,"京都市東山区").
    ?x schema:image ?image.
}
出力修飾 ORDER BY ?name
LIMIT 5
    
```

図 4 SPARQL の例

Property	Expected Type	Property	Expected Type	Property	Expected Type
Thing > Event					
Properties from Thing					
description	Text	description	Text	description	Text
image	URL	image	URL	image	URL
name	Text	name	Text	name	Text
url	URL	url	URL	url	URL
...
Properties from Event					
startDate	Date	aggregateRating	AggregateRating	aggregateRating	AggregateRating
endDate	Date
subEvent	Event	Properties from Place			
location	Place or PostalAddress	location	Place or PostalAddress	location	Place or PostalAddress
...
Thing > Organization > LocalBusiness > LodgingBusiness					
Properties from Thing					
description	Text	description	Text	description	Text
image	URL	image	URL	image	URL
name	Text	name	Text	name	Text
url	URL	url	URL	url	URL
...
Properties from Place					
location	Place or PostalAddress	location	Place or PostalAddress	location	Place or PostalAddress
...
Properties from LocalBusiness					
openingHours	Duration	openingHours	Duration	openingHours	Duration
paymentAccepted	Text	paymentAccepted	Text	paymentAccepted	Text
priceRange	Text	priceRange	Text	priceRange	Text
...
Thing > Organization > LocalBusiness > FoodEstablishment					
Properties from Thing					
description	Text	description	Text	description	Text
image	URL	image	URL	image	URL
name	Text	name	Text	name	Text
url	URL	url	URL	url	URL
...
Properties from Place					
location	Place or PostalAddress	location	Place or PostalAddress	location	Place or PostalAddress
...
Properties from LocalBusiness					
openingHours	Duration	openingHours	Duration	openingHours	Duration
paymentAccepted	Text	paymentAccepted	Text	paymentAccepted	Text
priceRange	Text	priceRange	Text	priceRange	Text
...
Properties from FoodEstablishment					
acceptsReservations	Text or URL	acceptsReservations	Text or URL	acceptsReservations	Text or URL
menu	Text or URL	menu	Text or URL	menu	Text or URL
servesCuisine	Text	servesCuisine	Text	servesCuisine	Text
...

図 5 Schema.org の例 (一部抜粋)

通化に関しては、検索大手 Google, Yahoo!, Microsoft の 3 社共同で Schema.org というスキーマを制定しており、大手のサイトなどで使用されている。Schema.org の語彙の一部を図 5 に示す。Schema.org を用いてマークアップされた Web データが日々増大している状況から、Schema.org をオントロジーとしたセマンティック Web の実現環境が整うと予想される。

3. マルチドメイン構造を用いたセマンティック Web 検索対話システムの設計

本章では、マルチドメイン構造を用いたセマンティック Web 検索対話システムの設計において、必要となる要素や要件について述べる。以下から、本研究で取り扱うドメインモジュールについて述べた上で、1 章で述べたマルチドメイン構造を実現するにあたっての必要な要件を説明する。

3.1 ドメインモジュール

前章で述べたように、セマンティック Web は様々なメタデータで表現されたデータを保持しているため、これを用いることでユーザの質問の意図を汲み取った検索対話が

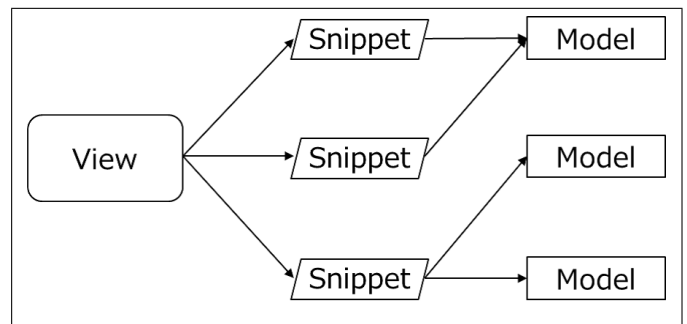


図 6 View-First モデル

可能になる。そのため、セマンティック Web 検索対話を行うドメインモジュールの設計を行う。

ドメインモジュールの設計において、開発者の負担を軽減させるために高い保守性と機能拡張性を確保する必要がある。近年、View-First モデルを採用した Web フレームワークによる、Web アプリケーション開発が盛んに行われている。View-First は、アプリケーションが扱う領域のデータと手続きを扱う Model、処理を行う Snippet、画面表示を扱う View の 3 つの要素を持ち、図 6 のような View ベースな構造で実現される。図 6 から分かるように、このモデルはそれぞれを独立して開発することができるため、高い保守性と機能拡張性を確保することができる。そのため、ドメインモジュールは View-First モデルを用いた設計を行う。なお、Model のオントロジーには、セマンティック Web の標準オントロジーである Schema.org を用いる。

3.2 マルチドメイン構造

マルチドメイン構造を実現するためには、独立で開発された各ドメインモジュールを関連付ける必要があるが、従来の検索対話システム同士では、中身がブラックボックスであるため関連付けが非常に困難である。しかし、関連するモジュール同士というのは、共通する情報(例えば、時間や住所など)を使用している。そこで、共通する情報によってドメインモジュール同士の関連付けを行う。ドメインモジュールは、Schema.org のオントロジーによって設計されるため、ドメインモジュール同士の Schema.org のプロパティをリンクさせることで、関連付けを行う。例えば、図 7 のように、各モジュールの location プロパティをリンクさせることで、モジュール同士が結ばれる。関連付けを可能にする条件としては、ドメインモジュールの設計の際に、使用した Schema.org のクラスを明示するだけでよい。そのため、ドメインモジュールの独立性を保ちつつ、モジュール同士の関連付けができる。

また、モジュール同士のプロパティをリンクさせることで、共通する情報を共有することが可能になる。これにより、ベースモジュールからサブモジュールへ検索対話の対象が切り替った際に、サブモジュールは、ベースモジュールの検索結果を引き継いだ状態でシームレスな検索対話を

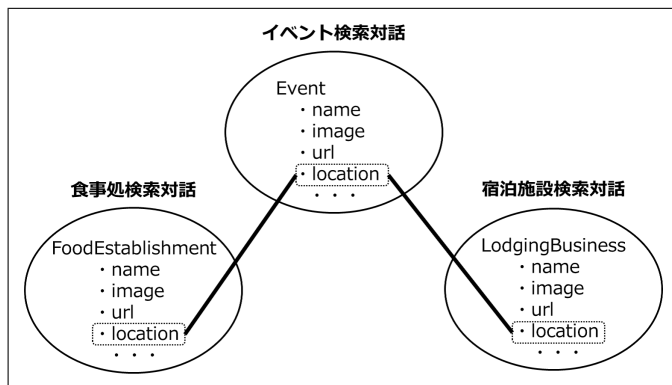


図 7 プロパティリンクの例

```

BaseDomain(Event)
SubDomain(LodgingBusiness, FoodEstablishment)
PropertyLink{
    Event.location = LodgingBusiness.location, FoodEstablishment.location
}
    
```

図 8 モジュール間の関連性定義の例

行うことができる。

4. マルチドメイン構造を用いたセマンティック Web 検索対話システムの実装

4.1 モジュール間の関連性定義

本研究では、前章で述べたマルチドメイン構造を実現するためにモジュール間のプロパティをリンクさせ、モジュール同士を結びつける関連性定義という記述方法を提案する。関連性定義は、モジュール同士の関連性を BaseDomain, SubDomain, PropertyLink の 3 つの要素で定義する。以下に関連性定義の記述方法を示す。

- BaseDomain
 ベースモジュールの Schema.org におけるクラス名を記述する。
- SubDomain
 サブモジュールの Schema.org におけるクラス名を記述する。
- PropertyLink
 リンクさせたいモジュール同士のプロパティを「クラス名.プロパティ名 (ベース) = クラス名.プロパティ名 (サブ)」の形式で記述する。

図 8 は、図 7 を関連性定義で記述したものである。新たにサブモジュールを追加する場合は、SubDomain にクラス名を、PropertyLink に既存のドメインモジュールに対するプロパティリンクを追加記述するだけでよい。

4.2 アーキテクチャ

本研究で提案するマルチドメイン構造を用いたセマンティック Web 検索対話システムの GUI(View) を図 9 に、アーキテクチャを図 10 に示す。以下から、提案システムのポリシーと、アーキテクチャの構成について説明する。

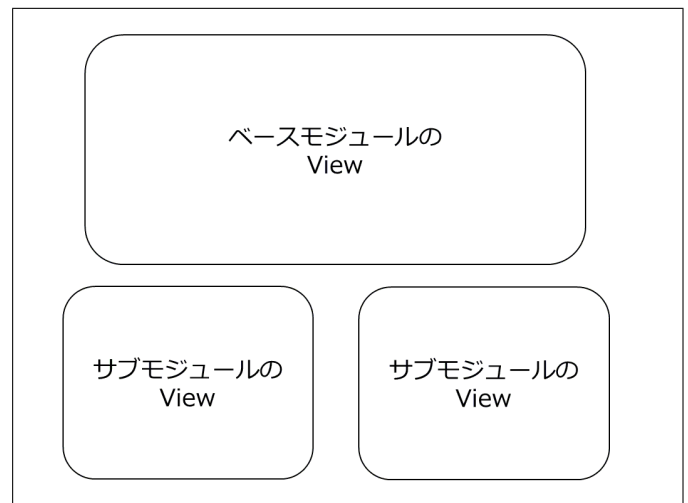


図 9 提案システムの GUI(View)

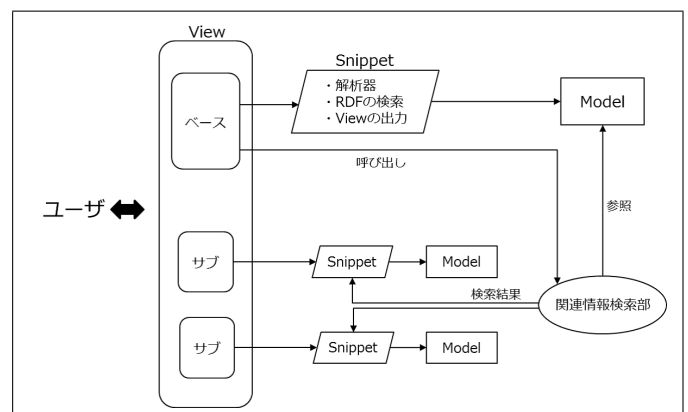


図 10 提案システムのアーキテクチャ

4.2.1 ポリシー

本手法では、図 9 のように、1 つの画面で各ドメインモジュールを表示させて検索対話を行う。提案システムでは以下のポリシーに従って構築する。

- フォーカスが定まっているドメインモジュールで検索対話を行う。
 最初は、ベースモジュールにフォーカスが定まっており、ユーザはベースモジュールで検索対話を行う。対話の流れの中で、ユーザの意向に合わせてフォーカスを切り替えていく。
- ベースモジュールの検索結果はサブモジュールへ反映される。
 ベースモジュールで検索対話を行った場合、関連性定義によって繋がっているサブモジュールに検索結果を反映させる。検索対話の中で、ベースモジュールの検索結果に合わせてサブモジュールの表示が切り替わっていく。
- サブモジュールの検索結果はベースモジュールへは反映されない。
 サブモジュールで検索対話を行った場合、関連性定義によって繋がっているベースモジュールには検索結

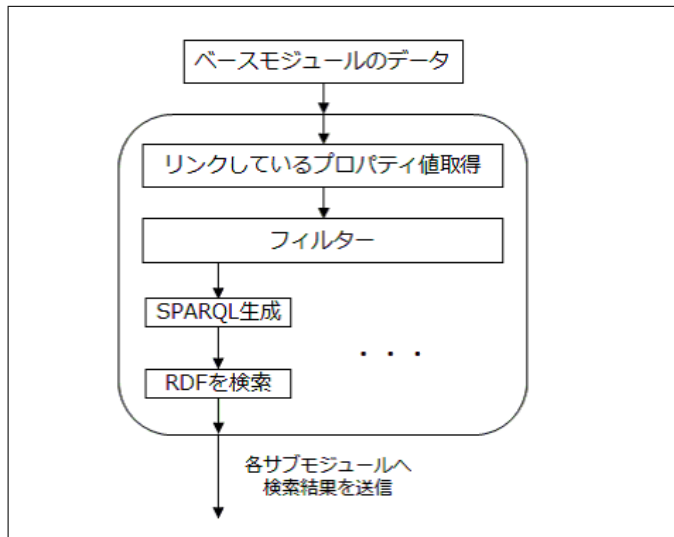


図 11 関連情報検索部の処理

果を反映させない。

4.2.2 構成

アーキテクチャの構成として、View-First モデルに則って作成されたドメインモジュールを、モジュール間の関連性定義によってベースとサブに分類して、図 10 のように配置する。そして、関連情報検索部で、ベースモジュールの検索結果をサブモジュールへと反映させる。

関連情報検索部では、ベースモジュールで検索が行われた後に図 11 に示す処理を行う。まずモジュール間の関連性定義を用いて、ベースモジュールのデータの中からサブモジュールごとにリンクしているプロパティ値を取り出す。次に、リンクしているプロパティの中で、一意なプロパティ値のものが最低 1 つあり、かつ Null 値ではないものを調べる。一意であるものが 0 個であったり、Null 値であるサブモジュールに関しては、フィルターによってデータを反映する対象から除外する。フィルターを通過したサブモジュールに関しては、リンクしているプロパティ値を用いて SPARQL を生成する。その後それを用いて RDF グラフを検索して、検索結果を該当するサブモジュールへと送信する。

4.3 動作例

図 7, 図 8 を実現するマルチドメイン構造を用いたセマンティック Web 検索対話システムの実装を行った。なお、現状として音声による実装が困難なフォーカス切替に関しては、タッチ入力による実装を行った。実装したシステムの動作例を示す。

最初は、ベースモジュールであるイベント検索対話システムにフォーカスが定まっているため、ユーザが以下の質問をした場合は、

「京都の東山区で有名なイベントは？」

図 12 の表示画面になる。質問に対して生成された SPARQL



図 12 動作例の出力 1

```

PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX schema: <http://schema.org/>
SELECT ?x ?name ?location ?image ?url
WHERE{
  ?x rdf:type schema:Event.
  ?x schema:name ?name.
  ?x schema:location ?location.
  FILTER regex(?location,"京都市東山区").
  ?x schema:image ?image.
  ?x schema:url ?url.
}
  
```

図 13 動作例の SPARQL1

を図 13 に示す。図 12 において、イベント検索対話の GUI に検索結果が表示されているだけでなく、他の検索対話の GUI にもイベント検索対話の検索結果を反映した結果が表示されている。宿泊施設検索対話の表示に興味を持ち、タッチ入力によって宿泊施設検索対話にフォーカスを切り替える。その後、ユーザが以下の質問をした場合、

「評価のいい宿は？」

図 14 の表示画面になる。質問に対して生成された SPARQL を図 15 に示す。サブモジュールからベースモジュールへは検索結果を反映させないため、宿泊施設検索対話の GUI のみ表示が変化した。

5. むすび

本研究では、ベースモジュールとサブモジュールという分類でセマンティック Web 検索対話システムをそれぞれ作成して、モジュール間の関連性定義を行うことで、セマンティック Web 検索対話システムのマルチドメイン化を試みた。ドメインモジュール同士をプロパティで結ぶことで関連性を表すと共に、検索結果の引継ぎができるため、シームレスな検索対話が実現可能になった。

今後の課題として、音声入力によるフォーカス切替の仕



図 14 動作例の出力 2

```

PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX schema: <http://schema.org/>
SELECT ?x ?name ?location ?image ?url ?aggregaterating
WHERE{
    ?x rdf:type schema:LodgingBusiness.
    ?x schema:name ?name.
    ?x schema:location ?location.
    FILTER regex(?location,"京都市東山区").
    ?x schema:image ?image.
    ?x schema:url ?url.
    ?x schema:aggregateRating ?aggregaterating.
}
ORDER BY ASC(?aggregaterating)
    
```

図 15 動作例の SPARQL2

組み設計が挙げられる。本稿においては、音声入力によるフォーカスの切替が実装困難であったため、タッチ入力を用いたが、音声によるマルチドメイン検索対話を実現させるために方法を検討する必要がある。

また、今回の実装時にはドメインモジュールを 1 から作成していた。開発者の負担を軽減させるために、竹腰ら [6] も採用したモデル駆動型アーキテクチャを用いることで、データモデル定義から本研究のドメインモジュールを生成する Web フレームワークの開発を検討する必要がある。

謝辞 本研究の一部は科研費 MEXT/JSPS (23300037) の助成を受けたものである。

参考文献

[1] M. Araki and Y. Funakura. Impact of semantic web on the development of spoken dialogue systems. *In Proceedings of the Second international conference on Spoken dialogue systems for ambient environments (IWSDS 2010)*,

pp. 144–149, 2010.
 [2] D. Sonntag and M. Kiesel. Linked data integration for semantic dialogue and backend access. *in Proc. AAAI Spring Symposium: Linked Data Meets Artificial Intelligence*, 2010.
 [3] 長森誠, 河口信夫, 松原茂樹, 外山勝彦, 稲垣康善. マルチドメイン音声対話システムの構築手法. 情報処理学会研究報告, 2000-SLP-31-7, pp. 45–51, 2000.
 [4] 神田直之, 駒谷和範, 中野幹生, 中臺一博, 辻野広司, 尾形哲也, 奥乃博. マルチドメイン音声対話システムにおける対話履歴を利用したドメイン選択. 情報処理学会論文誌, Vol. 48, No. 5, pp. 1980–1989, 2007.
 [5] 池田智志, 駒谷和範, 尾形哲也, 奥乃博. マルチドメイン音声対話システムにおけるトピック推定と対話履歴の統合によるドメイン選択手法. 情報処理学会論文誌, Vol. 50, No. 2, pp. 488–500, 2009.
 [6] 竹腰大輔, 荒木雅弘. データモデル定義に基づくマルチモーダル対話記述言語の設計と実装. 2012 年度人工知能学会全国大会 (第 26 回), IO2-OS-18-6, 2012.