

# 推論を考慮した LOD エンドポイントの構築支援機構のための オントロジー修正支援機構の試作

## A preliminary approach for ontology modification support mechanism in consideration of reasoning for LOD endpoint construction support mechanism

山田直希<sup>1\*</sup> 山形祐史<sup>2</sup> 福田直樹<sup>2</sup>  
Naoki Yamada<sup>1</sup> Yuji Yamagata<sup>2</sup> Naoki Fukuta<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 静岡大学情報学部

<sup>1</sup> Department of Computer Science, Shizuoka University

<sup>2</sup> 静岡大学大学院情報学研究科

<sup>2</sup> Graduate School of Informatics, Shizuoka University

**Abstract:** In this paper, we propose our preliminary idea and its implementation for optimizing and better tuning ontology definitions based on ontology modification mechanism. The mechanism considers reasoning capability on an LOD endpoint to support construction of feasible and useful inference-enabled LOD endpoints. For realizing such endpoint construction support, we are implementing mechanisms that examines effectiveness of ontology modification on the reasoning, by providing quickly modifying an ontology to investigate and examine the reasoning performance as well as testing how the returned query results are.

## 1 はじめに

Linked Open Data(LOD)の記述においても使われるオントロジー記述言語 OWL[1]は記述論理[2]に基づいており、記述論理に基づく推論が可能である。OWLで用いられる推論にも適用可能な推論器の実装としても、Hermit[6]やPellet[7]などが提案されてきているが、その推論にかかる計算負荷をオントロジーの構造などから推定することは容易でなく[5]、推論のトレースを取ることも自体にも特別な手法が必要となる場合がある[8]。推論つきクエリを実行する場合、推論を行わずにクエリを実行する場合に比べて時間がかかり、推論つきクエリの実行性能を予測することは重要である。SPARQLクエリ実行性能の予測として、機械学習を用いた文献[3]があるが、文献[3]では推論付きのクエリについては扱われていない。推論つきクエリの実行性能の予測としては文献[4]がある。文献[4]では、エンドポイントとクライアントの通信の間に特殊な中継サーバを用意して、推論負荷の大きいクエリの負荷を軽減する仕組みが提案されているが、それらの仕組みを導入できない場合やその機構を動かすためにエンドポイン

トに負荷がかかってしまうという課題などがある。我々は、推論を考慮した LOD エンドポイントの構築支援機構のためのオントロジー修正を支援するために、オントロジーを修正した際に、そのオントロジーに対する改変が推論に与える影響を検証するシステムの試作を進めている。本論文では、その設計の概観および適用について述べる。

## 2 オントロジー修正支援機構の設計

我々は、オントロジーの修正時にその修正が推論に与える影響を検証する機構を試作している。本機構では、特にオントロジーの修正前と修正後で、そのオントロジー内の矛盾する要素や、推論にかかる負荷がどう変化するかを検証し、オントロジーを修正するための指針として利用することを目的とする。検証に用いる機構の概観を図1に示す。本機構では、エンドポイントに格納するデータの索引を作成した後、本機構からエンドポイントを立ち上げるためのシェルスクリプトが実行され、オントロジー修正評価用のエンドポイントが起動する。

起動したエンドポイントに対してプログラムから複数のクエリをエンドポイントに対して実行させ、実行

\*連絡先：静岡大学情報学部情報科学科  
〒432-8011 静岡県浜松市中区城北 3-5-1  
E-mail: cs13098@s.inf.shizuoka.ac.jp

にかかった時間と、クエリの実行結果を保存する。

クエリを全て実行した後でオントロジーを編集し、オントロジーを編集すると既存のインデックスが新しく編集したオントロジーのインデックスに差し替えられる。インデックスの変更を適用するために、エンドポイントを再び起動し直し、新しいエンドポイントに対して複数のクエリを実行させる。ここでもクエリの実行にかかった時間と実行結果を取得し、オリジナルのオントロジーで行った実行結果との差異を測定する。

本機構の基本的な動作は、オントロジーの編集、編集したオントロジーを反映するようにエンドポイントを更新、更新したエンドポイントに対してクエリを実行、オリジナルのオントロジーを用いた場合とのクエリ実行結果の比較、というサイクルを繰り返し行う。

本機構では、シェルスクリプトを用いてエンドポイントを起動し、使用するオントロジーの更新・改変や推論に伴う高負荷が発生した場合など、必要に応じて本機構側からの再起動の指示を行えるようにしている。本試作環境では、エンドポイントの動作には、Joseki (v3.4.4)、TDB (v0.8.10)、Pellet (v2.3.0) を用いており、Pellet による推論をサポートした SPARQL クエリを受け付けることができるようにしている。

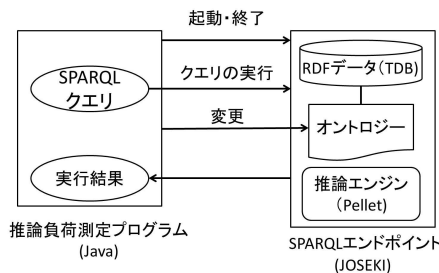


図 1: プログラムの構成図.

### 3 適用例

ここでは、Ontology Alignment Evaluation Initiative (OAEI) 2013<sup>1</sup> の Conference track で用いられた、Linklings オントロジーを一部分解し、各クラスにインスタンスを 10 個ずつ追加したオントロジーを用いる。作成したオントロジーから TDB を用いてインデックスを作成し、これをエンドポイントのデータセットとする。

計測に用いるクエリを以下の Listing1, Listing2, Listing3, Listing4 と Listing5 に提示する。

```
SELECT ?x WHERE {
```

```
{?x <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://linklings#SubmissionStatus> }
UNION
{?x <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://linklings#Application> }
}
```

Listing 1: クエリ A

```
SELECT ?x WHERE {
{?x <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://linklings#SubmissionStatus> }
UNION
{?x <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://linklings#Session> }
}
```

Listing 2: クエリ B

```
SELECT ?x WHERE {
{?x <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://linklings#ConferenceSession> }
UNION
{?x <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://linklings#Panel> }
}
```

Listing 3: クエリ C

```
SELECT ?x WHERE {
{?x <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://linklings#ConferenceSession> }
UNION
{?x <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://linklings#Panel> }
UNION
{?x <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://linklings#AdminRegistered> }
}
```

Listing 4: クエリ D

```
SELECT ?x WHERE {
{?x <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://linklings#ConferenceSession> }
UNION
{?x <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://linklings#AcceptedSubmission> }
}
```

Listing 5: クエリ E

実行環境は Mac Pro, 2.9GHz Intel Core i7, 16GB 1600 MHz DDR3, OS X 10.11.3, JVM1.8 である。

この状態において、オントロジーを変更しない状態でのエンドポイントの起動直後における Listing1 から Listing5 までを順に実行した場合の推論つきクエリの実行時間は表 1 のようになった。

<sup>1</sup><http://oaei.ontologymatching.org/2013/conference/index.html>

表 1: クエリ実行時間 (オントロジー改変前) .

| クエリ             | 実行時間   |
|-----------------|--------|
| <i>Listing1</i> | 3276ms |
| <i>Listing2</i> | 11ms   |
| <i>Listing3</i> | 2218ms |
| <i>Listing4</i> | 1385ms |
| <i>Listing5</i> | 1137ms |

ConferenceSession クラスには Listing6 のような同値関係が記述されている . この同値関係を削除すると , クエリの実行時間とクエリ結果の一致度は表 2 のようになる .

```
ConferenceSession —Equivalent to—> Session
and (hasRoleInvolved some SessionChair)
and (hasRoom some Room)
and (hasTimeInterval some TimeInterval)
and (includesSubmission some
    AcceptedSubmission)
and (isSession some Conference)
and (hasTimeInterval only Conference)
and (includesSubmission only
    AcceptedSubmission)
and (hasTitle some string)
```

Listing 6: ConferenceSession クラスの同値関係

表 2: linklings オントロジーから Listing6 の記述を除いた場合の実行時間とクエリ結果の一致度.

| クエリ             | 実行時間   | Precision | Recall |
|-----------------|--------|-----------|--------|
| <i>Listing1</i> | 2562ms | 1         | 0.67   |
| <i>Listing2</i> | 14ms   | 1         | 1      |
| <i>Listing3</i> | 9ms    | 1         | 1      |
| <i>Listing4</i> | 9ms    | 1         | 1      |
| <i>Listing5</i> | 14ms   | 1         | 1      |

## 4 むすび

本研究では , 推論を考慮した LOD エンドポイントの構築支援機構のためのオントロジー修正支援機構の試作について述べた . 本エンドポイントの構築支援機構の実現のために , オントロジーの改変が推論に与える影響の調査 , および , 矛盾のなく推論速度も高速なオントロジーへの修正支援のための機構を試作した .

推論エンジンが推論の対象とするオントロジーにおいて , そのオントロジー内に矛盾が含まれている場合 , 該当するクラスが存在しないものとして扱われる等 , 特徴的な結果が推論結果に現れる場合があった . 本研究では , 推論エンジンによる推論結果の特徴とオントロジー内の概念階層や概念の集合関係に注目して , オントロジー内の矛盾を見つけ出し修正するオントロジーデバッグ支援システムの試作について述べた .

## 謝辞

本研究の一部は , JST CREST の支援を受けたものである .

## 参考文献

- [1] Antoniou, G., Van Harmelen, F.: Web Ontology Language: OWL. In: Handbook on ontologies, pp. 91-110. Springer-Verlag (2009)
- [2] Baader, F., Horrocks, I., Sattler, U.: Description Logics. In: Handbook on Ontologies, pp. 21-43. Springer-Verlag (2009)
- [3] Hasah, R., Gandon, F.: A Machine Learning Approach to SPARQL Query Performance Prediction. In: Proc. of IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence 2014 (WI 2014) pp. 266-273 (2014)
- [4] Yamagata, Y., Fukuta, N.: An Approach to Dynamic Query Classification and Approximation on an Inference-enabled SPARQL End-point. Journal of Information Processing. Vol. 23, No. 6, pp. 759-766 (2015)
- [5] Kang, Y.B., Li, Y.F., Krishnaswamy, S.: Predicting Reasoning Performance Using Ontology Metrics. In: Cudré-Mauroux, P., Heflin, J., Sirin, E., Tudorache, T., Euzenat, J., Hauswirth, M., Parreira, J.X., Hendler, J., Schreiber, G., Bernstein, A., Blomqvist, E. (eds.) The Semantic Web-ISWC 2012 Part I. LNCS, vol. 7649, pp. 198-214. Springer-Verlag (2012)
- [6] Motik, B., Shearer, R., Horrocks, I.: Hyper-tableau Reasoning for Description Logics. Journal of Artificial Intelligence Research 36, 165-228 (2009)
- [7] Sirin, E., Parsia, B., Grau, B.C., Kalyanpur, A., Katz, Y.: Pellet: A practical owl-dl reasoner. Journal of Web Semantics 5(2), 51-53 (2007)
- [8] Kazakov, Y., Klinov, P.: Goal-Directed Tracing of Inferences in EL Ontologies. In: Mika, P., Tudorache, T., Bernstein, A., Welty, C., Knoblock, C., Vrandečić, D., Groth, P., Noy, N., Janowicz, K., Goble, C. (Eds.) The Semantic Web-ISWC 2014 Part II, pp. 196-211. Springer-Verlag (2014)