

# 推論付き SPARQL エンドポイントにおける 推論負荷要因解析機構の試作

## A Preliminary Approach for Inference Processing Bottleneck Analysis Mechanism on an Inference-enabled SPARQL Endpoint

山田直希<sup>1\*</sup> 福田直樹<sup>2</sup>  
Naoki Yamada<sup>1</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領域

<sup>2</sup> Department of Informatics, Shizuoka University

**Abstract:** 本論文では、推論付き SPARQL エンドポイントにおける推論負荷要因解析機構の実現のために試作を進めている、複数の推論付き SPARQL エンドポイントに対する自動ベンチマーク実行機能を備えた推論負荷要因解析支援システムにおける試みとその課題について述べる。本システムでは複数のクエリを複数の推論付きエンドポイントに対して複数のクエリを評価できる機構を準備することで、複数のクエリを複数の推論付きエンドポイントに対して実行可能となり、エンドポイントをクラスタ化した場合の性能の計測や、サブクエリを含んだ SPARQL クエリの試行を行う際の性能計測、およびその知見のエンドポイント実行パラメータ等への反映にかかる負担を軽減できることが期待される。

### 1 はじめに

オントロジー記述言語 OWL [Antoniou 09] には記述論理に基づいた考え方が導入されており [Baader 09]、記述論理に基づいた推論が可能な場合がある。OWL に適用可能な推論器としては、HermiT [Motik 09] や Pellet [Sirin 07] などがある。

Linked Open Data (LOD) はエンドポイントに格納された RDF データを検索するための標準クエリである SPARQL<sup>1</sup> を用いることで検索が行われる。LOD 検索において負荷の大きい SPARQL クエリの実行コストが問題になることがあり、クエリ実行時間の問題を回避するために、あるクエリの実行に時間がかかるものなのかどうかを予測する手法が提案されている [Yamagata 15][Hasan 14]。文献 [Yamagata 15] では、推論付き SPARQL クエリの実行性能の予測が行われており、特殊な中継サーバーを用い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。また、エンドポイントにおける推論の負荷を軽減するために SPARQL クエリではなくエンドポイントで用いるオントロジーを改変することに着目したものとしては、

オントロジーの改変がエンドポイントでの SPARQL クエリ実行結果や実行時間に与える影響を検証するシステムの試作が行われている [山田 16]。

本論文では、推論付き SPARQL エンドポイントにおける推論負荷要因解析機構の実現のために試作を進めている、複数の推論付き SPARQL エンドポイントに対する自動ベンチマーク実行機能を備えた推論負荷要因解析支援システムにおける試みとその課題について述べる。本システムでは複数のクエリを複数の推論付きエンドポイントに対して複数のクエリを評価できる機構を準備することで、複数のクエリを複数の推論付きエンドポイントに対して実行可能となり、エンドポイントをクラスタ化した場合の性能の計測や、サブクエリを含んだ SPARQL クエリの試行を行う際の性能計測、およびその知見のエンドポイント実行パラメータ等への反映にかかる負担を軽減できることが期待される。

### 2 推論付きエンドポイントに対する ベンチマークの支援

文献 [Yamada 16a] では、推論の矛盾の修正や推論負荷を軽減することができるようなオントロジー修正機

\*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

<sup>1</sup><http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>

構の試作について述べており、オントロジーの論理的な構造に着目したオントロジーの矛盾に対する修正支援や、オントロジーに対する変更がそのオントロジーを SPARQL エンドポイント上で利用した時に及ぼす影響を検証することを可能にしている。文献 [Yamada 16a] のシステム上において、変更や修正を行ったオントロジーをエンドポイント上で用いて SPARQL クエリを実行させた画面の例を図 1 に示す。文献 [Yamada 16a] のシステムでは、特定のクエリやオントロジーの変更の影響を 1 つずつ検証するための機構は備えていたが、異なる複数のクエリやオントロジー-変更候補が考えられる場合の効率的な試行錯誤や結果の検証を行うための機構については、議論されていなかった。

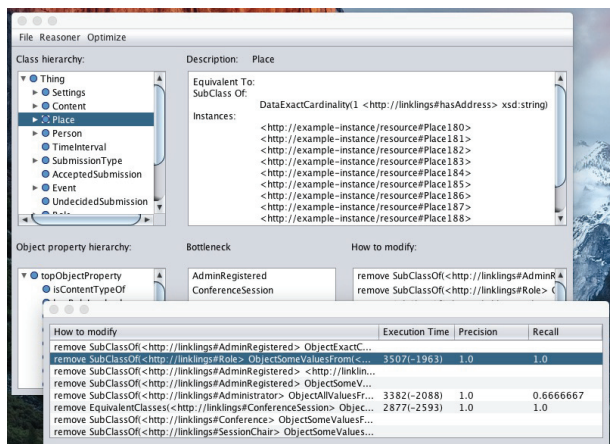


図 1: 推論負荷を考慮したオントロジーデバッグ支援システムにおけるクエリ実行と結果表示の例

本研究では、複数の SPARQL クエリを複数の推論付きエンドポイントに対して実行することが可能なベンチマーク支援機構を含めた、負荷状況解析支援システムを新たに試作している。本システムでは、エンドポイントが推論の負荷等により異常停止してしまう問題に対しても、シェルスクリプトを使用してエンドポイントの再起動や設定変更を行う機構を組み込むことで、対処している。

本システムのアーキテクチャを図 2 に示し、実際に実行している画面を図 3 に示す。本支援システムは、文献 [Yamada 16a] で示したオントロジー修正機構と組み合わせることが可能であり、複数のクエリに対して複数の異なる設定やオントロジーを持ったエンドポイントを統合的に扱えるようにすることで、文献 [Yamada 16b] のようなエンドポイントをクラスタ化した場合の性能の計測や、文献 [Fujino 13] や [Adachi 16] で用いられるような拡張 SPARQL クエリ実行で用いられるサブクエリを含むクエリの試行のために用いることも、可能である。

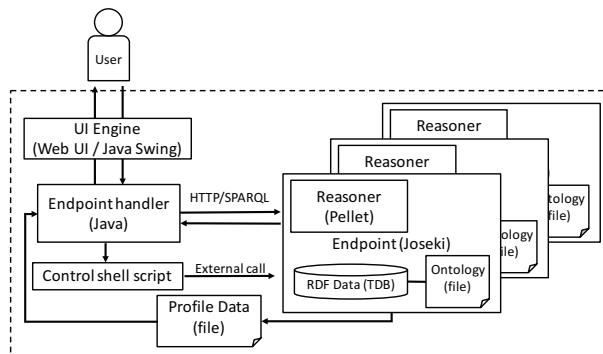


図 2: 本試作システムのアーキテクチャ

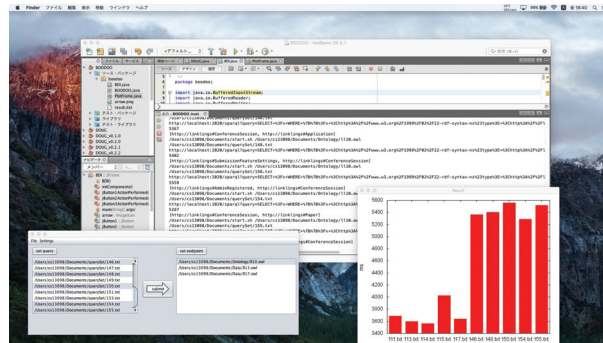


図 3: ベンチマーク支援システムの実行画面

## 3 実装

### 3.1 オントロジーの変更方法の提示

クエリ実行におけるオントロジーへの変更候補を効率的に選び出すために、本試作システムでは、その変更を適用したオントロジーをクエリ実行に使用した場合にどの程度 SPARQL クエリの実行時間を軽減させることができるかについて、あらかじめ決められた範囲でのデータ収集しておくことで、その結果からあらかじめ学習させた機械学習の分類器を使用することで、推論負荷を軽減できるような変更方法の提示を効果的に行えるような機構の設計を試みている。

図 1 は、文献 [Yamada 16a] で試作を行っている推論負荷を考慮したオントロジーデバッグ支援システムにおけるクエリ実行画面で、対象のオントロジーをエンドポイントとして利用する場合に、オントロジーを変更することで SPARQL クエリの実行時間や実行結果にどのような影響があるのかを示すユーザインタフェースの実行例を示している。

図 3 は、本研究で試作を進めている推論負荷要因解析支援システムを実際に実行している様子を示している。図 3 の左下に表示されているウィンドウからは、負荷要因解析のための SPARQL クエリとその SPARQL クエリを実行するエンドポイントで用いる変更オントロ

ジ-の種類をそれぞれ設定することができる。負荷要因解析のためのクエリと改変オントロジーはどちらも複数種類設定することができ、指定された条件に応じて必要な性能計測作業を実行させることができる。図3の右下の棒グラフは、選択したクエリの実行時間をそれぞれ示しており、ここから、推論負荷がどのようなオントロジーの改変により軽減されるかを確認することができる。

## 4 おわりに

本論文では、推論付き SPARQL エンドポイントにおける推論負荷要因解析機構の実現のために試作を進めている、複数の推論付き SPARQL エンドポイントに対する自動ベンチマーク実行機能を備えた推論負荷要因解析支援システムにおける試みとその課題について述べた。複数の推論付きエンドポイントに対して複数のクエリを評価できる機構を準備することで、複数のクエリを複数の推論付きエンドポイントに対して実行可能となり、エンドポイントをクラスタ化した場合の性能の計測や、サブクエリを含んだ SPARQL クエリの試行を行う際の性能計測、およびその知見のエンドポイント実行パラメータ等への反映にかかる負担を軽減できることが期待される。エンドポイントに設置されている推論器にプロファイラを組み込み、推論における負荷の原因を推測できるような推論負荷要因解析機構の試作を進めており、我々が独自に開発している木曾町オントロジーおよび木曾町 LOD を用いて設計および評価を進めているが、その設計の洗練と有効性の評価については今後の課題である。

## 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

- [Adachi 16] Adachi, T., Yamada, N., and Fukuta, N.: Towards Better Query Coding Support Utilizing Ontology Mappings, in *1st International Workshop on Platforms and Applications for Social problem Solving and Collective Reasoning (PASSCR 2016)* (2016), (to appear)
- [Antoniou 09] Antoniou, G. and Van Harmelen, F.: Web Ontology Language: OWL, in Staab, S. and Studer, R. eds., *Handbook on ontologies*, pp. 91–110, Springer (2009)
- [Baader 09] Baader, F., Horrocks, I., and Sattler, U.: Description Logics, in *Handbook on Ontologies*, pp. 21–43, Springer (2009)
- [Fujino 13] Fujino, T. and Fukuta, N.: Utilizing Weighted Ontology Mappings on Federated SPARQL Querying, in Kim, W., Ding, Y., and Kim, H.-G. eds., *The 3rd Joint International Semantic Technology Conference (JIST2013). LNCS*, Vol. 8388, pp. 331–347, Springer International Publishing (2013)
- [Hasan 14] Hasan, R. and 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)
- [Motik 09] Motik, B., Shearer, R., and Horrocks, I.: Hypertableau Reasoning for Description Logics, *Journal of Artificial Intelligence Research*, Vol. 36, pp. 165–228 (2009)
- [Sirin 07] Sirin, E., Parsia, B., Grau, B. C., Kalyanpur, A., and Katz, Y.: Pellet: A practical OWL-DL reasoner, *Journal of Web Semantics*, Vol. 5, No. 2, pp. 51 – 53 (2007)
- [Yamada 16a] Yamada, N. and Fukuta, N.: Toward Performance-Oriented Ontology Debugging Support Using Heuristic Approaches and DL Reasoning, in *1st International Workshop on Platforms and Applications for Social problem Solving and Collective Reasoning (PASSCR 2016)* (2016), (to appear)
- [Yamada 16b] Yamada, N., Yamagata, Y., and Fukuta, N.: Query Rewriting or Ontology Modification? Considering Reasoning Capability on LOD Endpoints, in *IEEE International Conference on Agents (IEEE ICA 2016)* (2016), (to appear)
- [Yamagata 15] Yamagata, Y. and Fukuta, N.: An Approach to Dynamic Query Classification and Approximation on an Inference-enabled SPARQL Endpoint, *Journal of Information Processing*, Vol. 23, No. 6 (2015)
- [山田 16] 山田 直希, 山形 祐史, 福田直樹: 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, 第 38 回人工知能学会セマンティックウェブとオントロジー (SWO) 研究会 (2016)