

令和 3 年 6 月 14 日現在

機関番号：82626

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2019～2020

課題番号：19K24375

研究課題名（和文）交通阻害要因の予測に向けた異種データのナレッジグラフ化と転移学習手法に関する研究

研究課題名（英文）Study on construction and transfer of knowledge graphs from heterogeneous data for predicting traffic problems

研究代表者

江上 周作（Egami, Shusaku）

国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・研究員

研究者番号：20846000

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では広く交通に関連する様々なデータをナレッジグラフ（KG）として統合し、異種情報間の横断的な連携や、交通問題の分析・予測に流用可能にすることを目指した。航空交通においては、情報ごとに異なる情報交換モデルが存在し、異種情報間の横断的な連携と問題予測等へのデータ活用は困難である。そこで、本研究ではKG技術によりシステムの意味的な相互運用性を強化する手法を提案した。これにより、航空路上で発生しうる問題の推論検索が可能であることを確認した。一方、学内等の広い私有地内においても関連する情報が異なる形式で蓄積される。これらをKGとして統合し、交通阻害要因を分析・予測できる手法を提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

異なる場所で集積される異なるデータでは、語彙、対象範囲、粒度、設計における視点などが異なるため、異種情報間の横断的な連携と問題予測等へ効果的な応用が困難である。本研究はこの問題を解決するため、概念間の関係を明示的に記述するオントロジーの構築・マッピング・応用の手法を提案しており、学術的な意義があると考えられる。さらに、航空交通情報共有基盤のテストシステムへの導入により、実用性についても考察しており、社会的意義があると考えられる。

研究成果の概要（英文）：This study integrated traffic-related heterogeneous data as a knowledge graph (KG) and made it possible to search heterogeneous information and predict traffic problems. In air traffic management (ATM), there is a problem in terms of semantic interoperability between heterogeneous information systems. In this study, we proposed a method for enriching semantic interoperability in ATM by KG technologies. As a result, we confirmed that the proposed method integrated ATM-related data at the spatiotemporal conceptual level and enabled the inference search of problems occurring on air routes. On the other hand, traffic-related information is accumulated in different formats, even in a large private area such as a campus. Therefore, we proposed a method to analyze and predict traffic problems by integrating heterogeneous information as KG.

研究分野：セマンティックWeb, オントロジー

キーワード：ナレッジグラフ オントロジー セマンティックWeb 航空交通管理 相互運用性 交通問題

1. 研究開始当初の背景

市街地や、広面積の私有地等での交通に伴う問題予測には、施設の位置や形状などの構造的特徴、施設の種類やイベントおよび背景などの意味的・社会的特徴、気象や地形などの自然環境的な特徴などを複合的に考慮する必要がある。また、航空路においては洋上気象、制限空域、飛行計画、各国の社会的状況などについても考慮する必要がある。航空交通においては航空機の運航に係る様々な情報を、システムや運航関係者間で共有することが必要であり、独立したシステムを連携させてシームレスな情報配信を可能にする、航空交通情報共有基盤 (System Wide Information Management: SWIM) の導入が検討されている。しかし、情報ごとに異なるモデルが存在し、それらの使用語彙、対象範囲、粒度、設計における視点などが異なるため、異種情報間の横断的な連携と問題予測等へのデータ活用は困難である。

2. 研究の目的

本研究では、広く交通に関連する様々なデータを知識グラフ(ナレッジグラフ)として統合し、異種情報間の横断的な連携や、交通阻害要因の分析・予測に流用可能にすることを旨とする。

3. 研究の方法

対象領域として、航空交通と、学内等の広い私有地における交通の2つを例に研究を実施する。航空交通においては、SWIM環境で共有される様々な情報の統合が必要となる。現在、運行情報交換モデル (FIXM)、航空情報交換モデル (AIXM)、気象情報交換モデル (IWXXM) が存在しているが、これらのオントロジーは不十分であり、データをナレッジグラフとして統合する上でのスキーマが不足している。そこで、各ドメインオントロジーを開発し、このオントロジーに基づいて各情報のナレッジグラフを蓄積する。また、各情報交換モデルは異なる組織で開発されており、語彙、カバレッジ、粒度、設計における視点などが不均一であるため、システムの意味的な相互運用性 (Semantic Interoperability) の面で課題がある。さらに、SWIM環境においては今後共有される情報が追加される可能性があり、新たな情報交換モデルが開発された際に、その情報との連携ができる拡張性を持つオントロジーが望ましい。そこで、意味的な相互運用性を可能にする参照オントロジーを開発する。提案オントロジーとナレッジグラフ生成機構をSWIMテストシステムに実装する。これにより、異種情報間の横断的な検索や推論による交通阻害要因の分析が可能な基盤を構築する。

学内等の広い私有地を対象とした交通においては、施設、経路、イベント、気象、消費情報等が存在し、蓄積されるデータの形式も異なる。そこで、各情報の表現として適切な既存オントロジーを再利用し、これらを組み合わせたオントロジーを設計する。このオントロジーに基づいて、異種データをナレッジグラフ化して統合する仕組みを提案し、多角的な視点での検索、データに基づく問題予測が可能な基盤を構築する。

4. 研究成果

航空交通については、まず AIXM を対象に地理空間的表現を拡張する方法について提案し (学会発表)、次に、対象範囲を広げて3種類のドメインオントロジー (FIXM-O, AIXM-O, IWXXM-O) を構築した。特に、すべての情報に共通して存在する時間と地理空間情報に関して、既存のオントロジー (Time Ontology, GeoSPARQL ontology) を再利用することで表現を統一化した。収集した航空交通関連情報をこのオントロジーに基づいてナレッジグラフ化し、異なる情報間の横断的な時空間検索が可能であることを確認した (学会発表)。次に、各ドメインオントロジーの粒度、カバレッジ、設計における視点の差異の問題を解決するため、上位オントロジーの Basic Formal Ontology (BFO) に準拠する中位オントロジーの Common Core Ontologies (CCO) を拡張し、航空交通管理における参照オントロジーとして SWIMONTO を開発した。さらに、各ドメインオントロジーを SWIMONTO にマッピングする手法を提案した。ここで、ドメインオントロジー間で構造が不均一である問題により、部分的に SWIMONTO へマッピングできないことがあるため、(1) 中間クラスおよび中間プロパティの作成、(2) 推論プロパティの作成、によりドメインオントロジーを洗練することにより解決した。従って本研究のオントロジーの全体イメージは図1の通りである。構築したオントロジーを SWIM テストシステムに導入し (図2)、ナレッジグラフを使用して航空路上で発生しうる問題の推論検索 (図3)

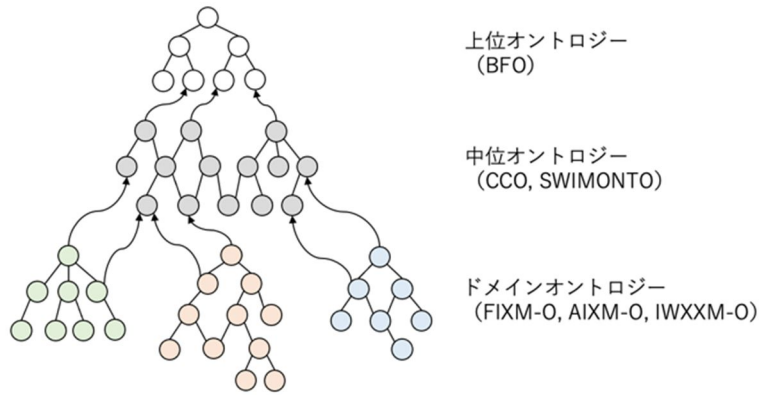


図 1. オントロジーの全体イメージ

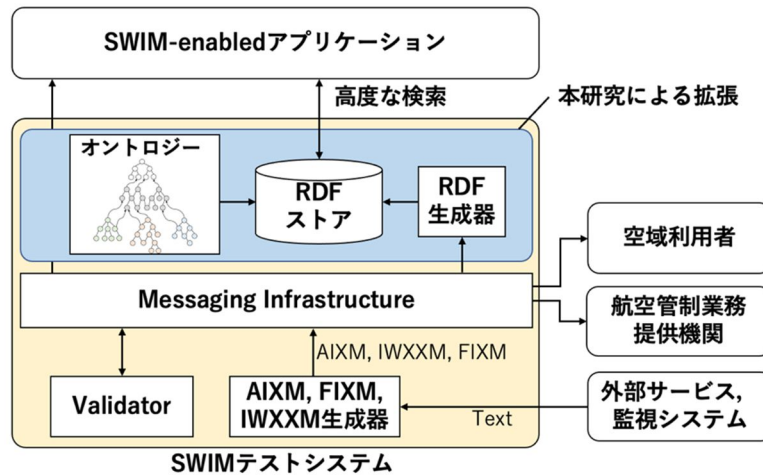


図 2. 拡張した SWIM テストシステムの概要図

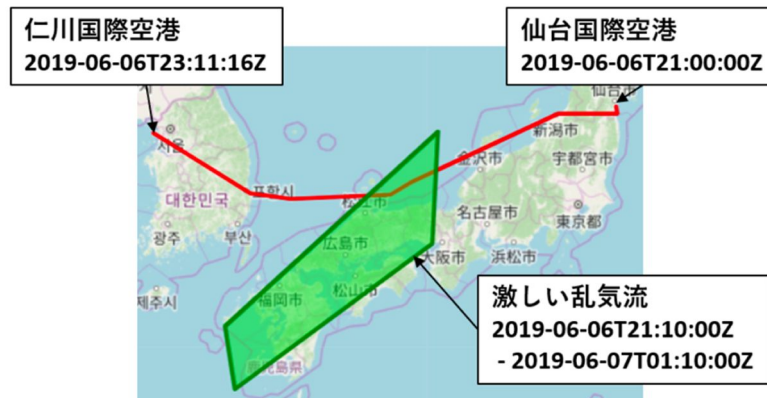


図 3. 仙台発仁川着のフライトプランシナリオにおける交通阻害要因の推論検索例

が可能になったことを示した。また、既存オントロジーのみを使用した場合と比べて、提案した SWIMONTO によって検索範囲の拡張性が向上し、時空間的な概念レベルで意味的な相互運用性が向上したことを確認した（雑誌論文）。

学内を対象とした交通においては、施設、経路、イベント、気象、消費情報等の異種情報間の関係性や、ディメンション間の関係を表現するオントロジーを設計し、これに基づいてナレッジグラフを蓄積することで、様々な相関関係分析が可能になることを示した（学会発表）。さらに、放置自転車等の学内の交通阻害要因の予測に適用できる可能性を検証するため、ナレッジグラフのベクトル空間埋め込みにより駐輪台数を予測する手法を提案した。ここで、既存のスキーマを適用したナレッジグラフに比べて、本オントロジーのスキーマを適用したナレッジグラフがより高い精度を実現できることを確認した（学会発表）。

このように、異種データのナレッジグラフ化を複数の対象領域で試み、様々な交通阻害要因の分析・予測に流用できる可能性を示した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 江上周作, 呂曉東, 古賀禎, 住谷泰人	4. 巻 36
2. 論文標題 航空交通管理における意味的な相互運用性のためのオントロジーの構築と応用	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 人工知能学会論文誌	6. 最初と最後の頁 W12-F_1,12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1527/tjsai.36-1_W12-F	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 呂曉東, 江上周作	4. 巻 106
2. 論文標題 SWIMオントロジーの構築と応用に関する研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 航空無線	6. 最初と最後の頁 42,47
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計19件（うち招待講演 0件／うち国際学会 7件）

1. 発表者名 塚越雄登, 江上周作, 清雄一, 田原康之, 大須賀昭彦
2. 発表標題 次元間の関係に着目したドメインオントロジーに基づく異種データ間の関連性発見
3. 学会等名 Symposium on Multi Agent Systems for Harmonization 2020 (SMASH20) Summer Symposium
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 塚越雄登, 江上周作, 清雄一, 田原康之, 大須賀昭彦
2. 発表標題 学内情報のナレッジグラフの洗練による欠損推定の考察
3. 学会等名 電子情報通信学会人工知能と知識処理研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuto Tsukagoshi, Shusaku Egami, Yuichi Sei, Yasuyuki Tahara, Akihiko Ohsuga
2. 発表標題 Ontology-Based Correlation Detection Among Heterogeneous Data Sets: A Case Study of University Campus Issues
3. 学会等名 Third IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Knowledge Engineering (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shusaku Egami, Xiaodong Lu, Tadashi Koga, Yasuto Sumiya
2. 発表標題 Ontology-Based Data Integration for Semantic Interoperability in Air Traffic Management
3. 学会等名 The 14th IEEE International Conference on Semantic Computing (ICSC2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shusaku Egami, Xiadong Lu, Tadashi Koga, Yasuto Sumiya
2. 発表標題 Enriching Geospatial Representation for Ontology-based Aviation Information Exchange
3. 学会等名 The 8th IEEE Global Conference on Consumer Electronics (GCCE2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 江上周作, 呂曉東, 古賀禎, 住谷泰人
2. 発表標題 航空交通情報共有の高度化に向けたオントロジーの構築と応用
3. 学会等名 合同エージェントワークショップ&シンポジウム2019 (JAWS2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 江上周作, 呂曉東, 古賀禎, 住谷泰人
2. 発表標題 オントロジー技術を用いた航空交通情報共有の高度化
3. 学会等名 第48回人工知能学会セマンティックウェブとオントロジー研究会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関