

オントロジに基づく移動軌跡の意味的な拡張と検索

勝田 健斗[†] 中村 亮[§] 瀧本 祥章[§] 石川 佳治[§]

[†] 名古屋大学工学部電気電子・情報工学科 [§] 名古屋大学大学院情報科学研究科

1 はじめに

近年、GPS機能を搭載したスマートフォンなど、位置情報に基づくサービスの発達により、大量の移動軌跡が存在している。一般に、これらの移動軌跡は、位置座標や時間といった低次元情報しか有していない。そのため、移動軌跡に対して、目的や交通手段、関連イベントといった新たな情報を付加し、移動軌跡の意味を拡張するという意味的な移動軌跡 (semantic trajectory) に関する研究が近年盛んになってきている [2, 5, 6].

一方、セマンティック Web 技術 [1] の発達により、メタデータやオントロジを利用することで、情報により多くの意味を与えることが可能となっている。また、その枠組みを利用することで、Linked Open Data (LOD) との連携を図ることができ、データに関連するさまざまな情報を活用することができる。

本研究では、意味的な移動軌跡に対するアプローチとして、セマンティック Web 技術を活用する。その利点は、以下の4つである。

1. 移動軌跡に関するメタ情報を、オントロジなどを活用して体系的に組織化できる。
2. 応用領域や対象に応じた拡張が容易に行える。
3. 意味情報を用いた高度な問合せが可能となる。
4. LOD など外部のデータとの連携を図ることができる。

2 関連研究

移動軌跡に意味を持たせ、意味的な移動軌跡を表現するアプローチの主流となっているのが、移動軌跡にラベルを付与するものである。たとえば [2, 5] では、軌跡の移動手段を付与した移動軌跡の表現として、

(([8:30-8:45], walk), ([8:45-9:13], train), ...)

という記法を用いている。これは、8時30分から8時45分まで歩き、8時45分から9時13分まで電車に乗った移動軌跡を意味している。彼らはこのような意味的な情報が、注釈として生の移動軌跡に付与されたものを意味的な移動軌跡として扱っている。

このようなラベルに基づいた意味的な移動軌跡の表現方式は、単純で実装が容易である反面、行動やイベ

ントを単なる文字列として表すため、柔軟性がないという欠点がある。付与したラベルの意味は、意味的な移動軌跡を利活用するプログラムやユーザが把握している必要がある。加えて、必要に応じてラベルの種類を拡張したいといった場合に、ラベルの体系化がなされていないため、場当たりの対応となってしまう。これは、意味的な移動軌跡のデータを不特定多数で共有する場合には特に問題となる。

また、移動情報を表現するための POI (Point of Interest) の情報に関しては、単なるラベルではなく、LODを参照することで、より詳細で正確な情報を表現できるならば、その利点は大きい。

本研究では、これらの問題点に対処するために、セマンティック Web 技術およびオントロジを活用して意味的な軌跡を表現する。

3 移動軌跡の表現と意味的な拡張

本研究では、2節で述べた意味的な移動軌跡のアプローチを、セマンティック Web 技術を用いて拡張する。移動軌跡に対する注釈を、移動手段とイベントの2つの観点から表現する。以下では、それぞれのアイデアについて述べる。

3.1 移動手段の表現

移動軌跡における移動手段を、具体的には

(*Time_interval*, *Transportation_method*)

というペアで表現する。ここで、*Time_interval* は移動した時区間 (time interval) を意味している。一方、*Transportation_method* は用いた移動手段を示している。*Transportation* の種類としては、*Walk*, *Bike*, *Car*, *Train*, *Bus*, *Airplane*, *Ship* などがあげられる。たとえば以下のように表せる。

([10:00-10:30], *Train*)

本研究では、移動手段に関して、セマンティック Web 技術における概念階層を導入することにより、その体系化を行う。たとえば図1のような例が考えられる。*Train* は公共交通機関 (*Public Transport*) の下位概念であり、また、*Train* の下位概念としては、*JR* などが存在する。これにより、詳細な概念を用いて移動軌跡の注釈を作成しておけば、移動手段に関する条件で問合せを行う際には、鉄道を用いた場合のみならず、公共交通機関を用いた場合や、*JR* を用いた場合など、概念階層を活用した高度な検索が可能となる。

Semantic Extension and Search of Movement Trajectories Based on Ontology

Kento Katsuda[†], Ryo Nakamura[§], Yoshiaki Takimoto[§], Yoshiharu Ishikawa[§]

[†] Department of Information Engineering, School of Engineering, Nagoya University

[§] Graduate School of Information Science, Nagoya University

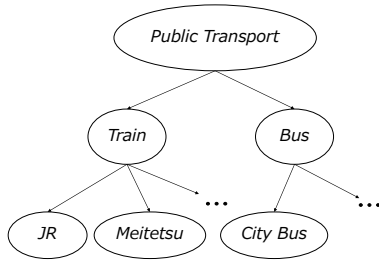


図 1: 鉄道に関する概念階層の例

概念階層は、セマンティック Web の世界ではオントロジ (ontology) の技術として体系化されており、オントロジ言語の OWL を用いることができる。セマンティック Web の世界ではさまざまなツールが提供されており、注釈に用いる情報を体系的に表現でき、柔軟に問合せすることができる。

3.2 イベントの表現

本研究におけるイベントとは、たとえば、「ある POI を訪問した」、「ショッピングした」といった、移動に伴う行動や振舞いを表すものである。移動軌跡に付与するイベントを、具体的には

(*Time.interval*, *Event*)

と表現する。移動手段の場合と同様、*Time.interval* はイベントが発生した時区間を表す。*Event* は移動軌跡内で起こるイベントであり、その例としては、*Meal*, *Shopping*, *Work* などが挙げられる。また、*Event* は単なる文字列ではなく、セマンティック Web 技術を利用して意味を拡張したものである。例えば、以下のように表せる。

([19:00-20:00], *Dinner*)

これは、19 時から 20 時まで夕食をとったことを表す。

3.3 複雑なイベントへの対応

移動手段に比べ、イベントは多種多様である。たとえば、夕食をとったというイベントに関しては、どのレストランで食事をしたか、どのような料理を食べたかといった情報も含めて表現したいという要求もある。また、会議を行ったというイベントに関しては、会議の場所や議題などの情報も表現したいかもしれない。そのため、イベント情報を単純に *Dinner* などと表現するのではなく、RDF (Resource Description Framework) を活用してグラフ構造のデータとして表現する。セマンティック Web 技術を活用することにより、複雑なイベント情報を自然に表現することができる。また、その内容を SPARQL 言語を用いて問合せすることが可能となる。

4 実装について

本研究では、以上のように、意味的な移動軌跡の表現のため、移動軌跡への注釈情報をセマンティック Web 技術を用いて実現する。具体的な実装には、GraphDB [4] を用いる。GraphDB は、OntoText 社が開発し提供している RDF データストアである。商用のものもあるが、本研究ではフリーに配布されているエディションを使用する。

GraphDB では、SPARQL を用いた問合せだけでなく、オントロジに基づく推論機能もサポートしている。また、SPARQL を地理情報に対して拡張した GeoSPARQL [3] も支援していることから、本研究における移動軌跡の表現や問合せのために有効活用することができる。

5 まとめと今後の課題

本論文では、意味的な移動軌跡の表現のためにセマンティック Web 技術を導入するアプローチについて述べた。今後の課題は以下ようになる。

- 意味的な移動軌跡に対する問合せなどのユースケースの作成
- 意味的な移動軌跡の表現の定式化：RDF を用いたグラフ構造による表現が基本となるが、その構造を明確にする。
- 移動手段とイベントに関するオントロジの開発：ユースケースを表現する上で必要となる概念階層を開発し、OWL などを用いて表現する。
- 意味的な移動軌跡のインスタンスの作成
- ユースケースに基づく GeoSPARQL を用いた問合せの記述
- GraphDB 上での実装と評価

謝辞

本研究の一部は、JST COI プログラムおよび科研費 (16H01722, 26540043) による。

参考文献

- [1] 荒木 雅弘. フリーソフトで学ぶセマンティック Web とインタラクション. 森北出版, 2010.
- [2] M. L. Damiani, H. Issa, R. H. Güting, and F. Valdes. Symbolic trajectories and application challenges. *SIGSPATIAL Special*, 7:51-58, 2015.
- [3] GeoSPARQL: A geographic query language for rdf data. <http://www.opengeospatial.org/standards/geosparql>.
- [4] GraphDB. <http://graphdb.ontotext.com/>.
- [5] R. H. Güting, F. Valdes, and M. L. Damiani. Symbolic trajectories. *ACM Transactions on Spatial Algorithms and Systems*, 7(7), 2015.
- [6] C. Parent, S. Spaccapietra, C. Renso, G. Andrienko, N. Andrienko, V. Bogorny, M. L. Damiani, A. Gkoulalas-Divanis, J. Macedo, N. Pelekis, Y. Theodoridis, and Z. Yan. Semantic trajectories modeling and analysis. *ACM Computing Surveys*, 45(4), 2013.