

LOD と RDF を用いた物理量変換

Translation of physical quantity based on RDF Inference

山根昇平^{1*} 鵜飼孝典¹

¹ (株) 富士通研究所

¹ Fujitsu Laboratories Ltd.

Abstract: This article describe a vocabulary set for translation of physical quantity and a proto-type application using it. The vocabulary is fomalized with RDF and used for representing facts and rules. Facts are such as the weight of the Statue of Liberty and rules are such that the energy of a cup of rice is 200k calory. The application system is designed for the education of the global warming. The system tranlate the volume of the green gas emission into the volume of gasolin, the weight of waste and so on.

1 はじめに

地球温暖化の抑制のため、CO₂ 排出量の削減を目的とした様々な施策が国や地方自治体などによって実施されてきた。その対象は、企業などの営利団体のみならず、個人や一般家庭にもおよび、個人レベルでの啓蒙活動が重要視されている。ところが、CO₂ という目に見えない物質を対象としているため、削減効果が個人レベルでは認識できず、いかに可視化し、モチベーションを与えるかが課題となっている。一方で、直感ではわかりにくい物理量をわかりやすく表現する手法として、東京ドーム

杯分など、他の量への換算が様々な領域において行われている。CO₂ においても、ガソリンやごみを燃焼させた時の排出量や、発電に伴う排出量など、様々な変換係数が公開されている。これらを用いることで、CO₂ の排出量を直感的にわかりやすく表現することができる。

本研究では、このような変換を RDF により自動的に行うことを考える。RDF を用いることで、変換先の物理量を自動的に発見することができる。また、CO₂ だけでなく、様々な物理量を相互に変換可能とすることで、他の分野への適用も容易になると期待できる。

RDF を用いた物理量変換を実現するためには、以下の2点に注意しなければならない。ひとつは、単位の変換である。現在、同じ物理量を表現する単位は、接頭辞や単位系の違いにより複数存在する。たとえば、距離を表現する単位は、km や m、ヤードなどがある。もうひとつは、物理量の意味の表現である。同じ H を燃焼さ

せるとしても、重油とガソリンでは排出される CO₂ の量は異なる。また、ガソリンは精製時にも CO₂ を排出するため、精製なのか燃焼なのか区別しなければ、変換された値の意味を知ることができない。

本稿では、これらの課題に対して、物理量の自動変換を実現するための RDF の構成について述べる。まず、物理量変換に必要なデータを概説し、その RDF 表現について述べる。その後、CO₂ の排出量を例にしたアプリケーション例を示し、最後に考察を述べる。

2 変換のためのデータ

物理量の換算は、元の物理量、換算先の物理量、および、換算係数を用いて行う。本研究では、変換元の物理量を入力とし、換算先の物理量と換算係数を自動的に選出する。

まず、換算係数としては、例えば CO₂ の排出量については、算定省令において各種燃料の燃焼、廃棄物処理など、40 以上の係数が示されている [1]。この中で、ガソリンの燃焼による CO₂ 排出量は、ガソリン 1kl あたり 2.32t となっている。加えて、自動車の燃費を換算係数として用いることで、距離に換算することができる。さらに、換算先の物理量を選択する。たとえば、地球周回の距離を参照することで、CO₂ の排出量に対して、それが自動車で地球を何週分した排出量に相当するかを計算することが可能となる。このように、物理量の換算は容易ではなく、様々なデータを組み合わせることで実現している。こういった換算を自動化することができれば、CO₂ だけでなく、他の温室効果ガスや、他の領域においても有用である。

* 連絡先:(株) 富士通研究所
〒211-8588 神奈川県川崎市中原区上小田中 4-1-1
E-mail: yamane.shohei@jp.fujitsu.com

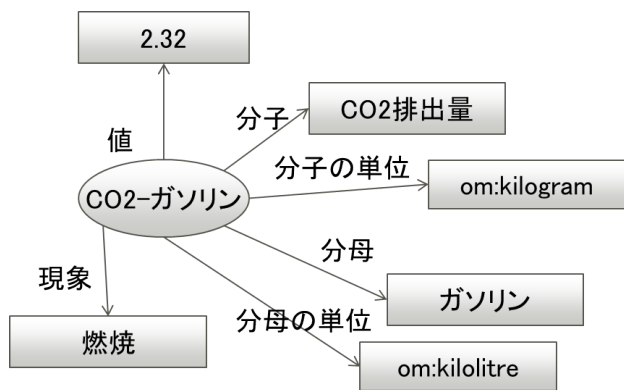


図1 RDFによる換算係数(ルール)の表現例

表1 変換結果の例

event	amount	unit
自動車の走行	154000000	litre

を表す RDF の例を示す。この RDF 中では、量と単位その他、地球 周分、月まで 往復といった表現を生成するため、それぞれの数え方を付記しているほか、情報源を参照するためのリンクも保持している。物理量の表現には、Ontology of units of Measure(OM) を用いている。

月までの往復を車で走るときに必要なガソリンの量は、図3の sparql で計算することができ、図3の結果を得ることができる。

3 RDFによる表現

本技術では、単位変換の基盤として Ontology of units of Measure (OM) [2] と Ontology of units of measure and related concepts[3] を用いる。OM では、kg や m, t など様々な単位について、その定義や次元といった意味を表現した RDF である。たとえば、質量の単位であれば、om:kilogram が基準として定義され、om:tonne は 1000kg と定義されている。これにより、ある二つの単位について、次元が同じかどうか、同じであれば変換係数を取得することができる。換算係数については、図3のように RDF を構成した。このような RDF により、ガソリン 1kl の燃焼による CO₂ 排出量が 2.32kg であることが表現できる。こうした表現により、複数の換算係数を組み合わせることが容易に実現できる。図3は、ガソリンの燃焼による排出量の係数と、自動車の燃費を組み合わせた例である。この例では、CO₂-ガソリン係数における分母のガソリンと、距離-ガソリンにおける分母のガソリンがマッチし、単位も kl と l で相互変換可能であるため、組み合わせ可能と判断される。このように、入力として物質と単位(“CO₂ 排出量”と“トン”)を与えることで、換算可能な物質と換算係数の計算を自動化することができる。加えて、様々な量を保持する RDF と組み合わせることで、「地球 周分」といった表現を生成することができる。

1 に、RDF による記述例を用いて、語彙を示す。un の prefix がついている語彙がこの変換ルールのために定義したものである。car_gas_to_distance はガソリンの量から自動車の走行距離への変換係数(燃費)を、burn_gas_to_co2 ガソリンの燃焼による CO₂ 排出量の係数を、それぞれ表現している。

また、2 は、距離や重量など、換算先の物理量(事実)

4 CO₂ 排出量換算アプリケーション

本技術を基に、CO₂ 排出量を様々な量に換算するアプリケーションを試作した。スクリーンショットを図4に示す。このアプリケーションでは、指定された区・部門の CO₂ 排出量を、様々な量に換算する排出量換算と、その区の住人に CO₂ 削減施策を適用した場合の削減量を示す削減シミュレーションから成る。

4.1 利用データ

物理量は、wikipedia のカテゴリ「数量の比較」に圧力、エネルギー、温度、角速度、加速度、時間、仕事率、磁場、質量、周波数、体積、力、電圧、電気抵抗率、電流、長さ、速さ、比熱容量、放射能、密度、面積が記載されており、定型的な表に表現されているため、この表の構造をプログラムで解析することにより、自動的に抽出した。

また、変換係数としては、ガソリンの燃焼による CO₂ 排出量、自動車の燃費、ごみの燃焼による CO₂ の排出量、ごみの比重、電力の生成のための CO₂ 排出量、および、エアコンの消費電力を用いた。

4.2 排出量換算

指定された区・部門の CO₂ 排出量を、本技術を用いて様々な量に換算する。換算を行うのは、ごみの燃焼、エアコンの利用、自動車の走行の3種類である。ごみの燃焼については、ごみの燃焼による CO₂ 排出量およびごみの比重を換算係数とすることで、CO₂ 排出量を質量と体積に変換する。CO₂ 排出量を質量と体積に変換するルールは、文献[1]に記載されているものを用いた。これらを用いることでたとえば、「スカイツリー 基分のごみを燃やした時の CO₂ 排出量」や、「東京ドーム 杯分

```
@prefix om: <http://www.wurvoc.org/vocabularies/om-1.8/> .
@prefix un: <http://ex.com/unit/> .
```

```
<http://ex.com/unit/resource/car_gas_to_distance>
  rdf:type <http://ex.com/unit/conversion> ;
  un:coefficient "20"^^xsd:decimal;
  un:numerator_thing "距離"@ja ;
  un:denominator_thing "ガソリン"@ja ;
  un:numerator_unit om:kilometre ;
  un:denominator_unit om:litre ;
  un:event "自動車の走行"@ja .
```

```
<http://ex.com/unit/resource/burn_gas_to_co2>
  rdf:type <http://ex.com/unit/conversion> ;
  un:coefficient "2.32"^^xsd:decimal;
  un:numerator_thing "CO2" ;
  un:denominator_thing "ガソリン"@ja ;
  un:numerator_unit om:tonne ;
  un:denominator_unit om:kilolitre ;
  un:event "燃焼" .
```

リスト1 換算係数(ルール)

```
@prefix om: <http://www.wurvoc.org/vocabularies/om-1.8/> .
@prefix un: <http://ex.com/unit/> .
```

```
<http://ex.com/unit/resource/W010>
  rdf:type <http://ex.com/unit/object> ;
  un:value "40075"^^xsd:float;
  un:unit om:kilometre ;
  un:name "地球周回距離"@ja ;
  un:kazoe "週"@ja ;
  un:source "http://kids.gakken.co.jp/kagaku/110ban/text/1327.html" .
```

```
<http://ex.com/unit/resource/W016>
  rdf:type <http://ex.com/unit/object> ;
  un:value "770000"^^xsd:float;
  un:unit om:kilometre ;
  un:name "月までの往復距離"@ja ;
  un:kazoe "往復"@ja ;
  un:source "http://ja.wikipedia.org/w/index.php?title=%E6%9C%88%E3%81%AE%E8%BB%8C%E9%81%93" .
```

リスト2 物理量(事実)

```
select ?event ?amount ?unitLabel where {
  ?s1 un:name "月までの往復距離" ;
      un:value ?v1 .
  ?s2 un:denominator_thing "ガソリン" ;
      un:numerator_thing "距離" ;
      un:coefficient ?coefficient ;
      un:denominator_unit ?unit ;
      un:event ?event .
  ?unit rdfs:label ?unitLabel
  BIND((?v1*?coefficient) as ?amount)
}
```

リスト3 月までの往復を車で走るときに必要なガソリンの量

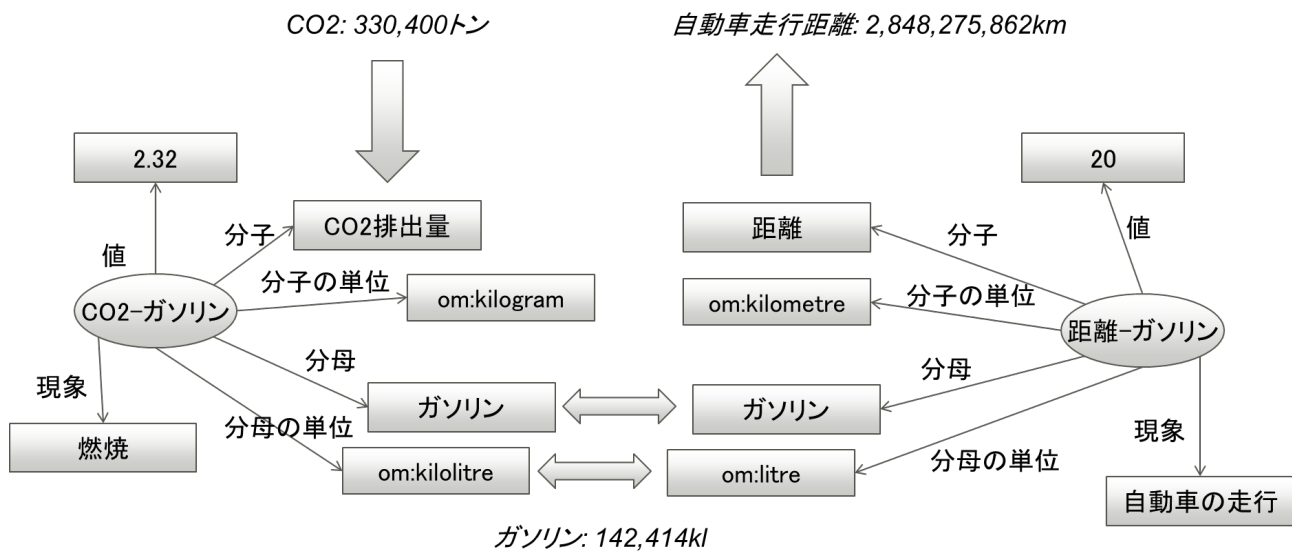


図2 換算係数の組み合わせ例

産業部門 (330.4千トン) : 中原区

産業部門とは...
製造業（工場）、農林水産業、鉱業、建設業における燃料・電力の使用等に伴う排出

CO2排出量の換算
ごみ ▼ 牛久大仏 牛久大仏31体分の重さのごみを処理した排出量

[換算係数](#)

削減シミュレーション

一世帯一日当たりのエアコンの使用量	1 時間削減	CO2削減量	11,490 トン
		電気による排出量の	7 %
一台あたりの自動車の年間走行距離	2,000 km削減	CO2削減量	12,625 トン
		自動車による排出量の	17 %
一世帯一日あたりのゴミの量	50 g削減	CO2削減量	5,720 トン
		ごみによる排出量の	56 %

約71 gの生ごみを脱水 参考: [チャレンジ](#) [生ごみダイエット](#)

排出量: 330400t
削減量: 9.03%

[換算係数](#)

[最初のメニューに戻る](#)

図3 排出量換算アプリケーションの画面

のごみを燃やした時の CO₂ 排出量」といった換算が可能である。エアコンの利用については、発電による CO₂ 排出量とエアコンの消費電力を換算係数とし、排出量を時間に換算する。自動車の走行については、ガソリンの燃焼による CO₂ 排出量と自動車の燃費を換算係数とし、排出量を地球周回距離、月までの距離といった距離に換算する。

4.3 削減シミュレーション

排出量換算とは逆に、ごみの質量、エアコンの利用時間、自動車の走行距離を、CO₂ 排出量に換算する。指定した区の世帯数や自動車台数のデータを用いることで、当該区の全世帯がエアコンの利用時間をどれくらい削減すると、当該区全体で何 % の CO₂ 削減が可能かといった視点で可視化を行うことができる。

5 適用領域に関する考察

本技術による試作アプリケーションを温暖化対策のためのデータ活用技術の一部として作成した。展示会では、換算やシミュレーションをみながら実感を以って値を変更するなど、好意的な反応が得られた。

本技術は、温暖化対策以外にも、健康、福祉の分野では、運動量をエネルギーや食事の量に変換して、体を動かすことを促したり、エネルギーの分野では、ガスや電気の消費量を原油や木材から得られるエネルギー量に変換することで、省エネルギーに対する啓蒙に利用することも考えられる。

このような分野への適用を想定した場合、単位の変換ルールは、散歩、ジョギングによるエネルギーの消費量などの生活に密着したもの、あるいは、1年に消費するトマトの量など興味を持って、目標とできそうなものが必要となるが、これらは理化学年表のような文献で見つけることは難しい。各業界団体などからのオープンデータによる公開が望まれる。

6 おわりに

本稿では、ものの重さなどの事実と茶碗一杯の御飯のエネルギー量が 200 キロカロリーであるなどのルールを RDF で表現するための語彙と、この語彙を用いたデータ上で RDF の推論を行うアプリケーションシステムについて述べた。

現在事実は wikipedia から半自動で抽出して 200 くらいが RDF で表現されている。wikidata でもこれに関わるデータの収集、蓄積の動きがあるようなので、連携す

ることで充実をはかっていきたい。ルールは、人手で記述しているために 20 くらいに留まっている。今後は、ルールの部分の自動抽出、あるいは簡便な入力方法を提供することでボランティアによる充実を行いたいと考えている。

参考文献

- [1] 算定省令第 2 条第 3 項、第 4 条第 1 項、別表第 1 及び別表第 5、第 3 条第 9 項及び別表第 2、第 12 項、第 14 項～第 15 項及び別表第 3。
- [2] wurvoc.org Ontology of units of Measure (OM). <http://www.wurvoc.org/vocabularies/om-1.8/>).
- [3] H. Rijgersberg, M. van Assem, and J. Top. Ontology of units of measure and related concepts. *Semant. Web J.*, No. 4, pp. 3–13, 2012.