

オブジェクト指向意味構造記述を用いて Linked Information を作る方法

A Method for Generating Linked Information Using Object-Oriented Descriptions of Semantic Structures

山田隆弘¹

Takahiro Yamada¹

¹宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所

¹Japan Aerospace Exploration Agency / Institute of Space and Astronautical Science

Abstract: With the current semantic technology, Linked Data are generated as a set of triples, each of which consists of a subject, a predicate, and an object. Although it may be possible to encode any piece of information with a set of triples, there is no standard way of encoding complex information with triples. This paper proposes a method for generating Linked Information using an object-oriented method of describing semantic structures. In this method, any piece of information is described with a set of objects. From descriptions of these objects, Linked Information can be generated in a standard way.

1 はじめに

機械処理可能なデータを Web 上に構築するための試みが盛んに行われている。Web 上に分散して存在している機械処理可能なデータは Linked Data [1] と呼ばれているが、現状では、世の中に存在している情報のうち Linked Data として表現されているものはごく一部である。Linked Data として表現されている情報が少ない理由の一つは、複雑な情報を Linked Data として表現する標準的な方法が確立されていないことである。より詳細に言うと、Linked Data は「主語＋述語＋目的語」の三つ組を組み合わせることによって構成されるが、四つ以上の要素が複雑に絡み合っている情報を Linked Data として表現するための標準的な方法は未だに確立されていない。これでは、別々に作成されたデータをリンクして使用することができないために、Linked Data にはならない。

筆者は、様々な情報を機械処理可能な形で統一的に表現するための方法の提案を行った[2]。この方法では、自然言語の文法を抽象化した人工言語を用いて情報を表現し、それを Linked Information に変換した。この方法を用いれば、自然言語で表現できる情報は、原則的には全て機械処理可能な形に変換することができる。しかし、[2]で提案した方法では、文の中で使用している個々の語の意味を規定する方法が存在しなかったために（使用している個々の語の

意味の規定が行えないという点では現在の Linked Data も同様である）、個々の語の意味を外部から提供しない限り、作成された Linked Information の意味を機械的に処理することは不可能であった。

そこで、本論文では、使用される語と文の意味を形式的に規定する方法を示し、その方法を用いて意味も機械的に処理できるような Linked Information を作成する方法を提案する。本論文は、前稿[2]の基本的な考え方は踏襲しているが、詳細については大幅に発展させた改訂版である。ただし、本論文では Linked Information 作成のための基本的な枠組みのみを提示し、詳細な事項については稿を改めて報告する。

2 Linked Information とは？

Linked Information については、[2]において説明したが、重要な概念であるので、ここでも簡単に紹介したい。

現在の Web は、基本的には様々な自然言語で書かれた文書を相互に結合したものである。すなわち、Linked Documents である。しかし、自然言語で書かれた文書は、機械で処理できない。自然言語で書かれた文書を自然言語処理技術によって機械で処理することも可能であるが、万能ではない。なぜならば、自然言語で書かれた文書は、不完全あるいは曖昧である場合があるからである。

Linked Data は、機械で処理ができる。しかし、第

1節で述べたように、複雑な情報を Linked Data として表現する標準的な方法は確立されていない。

この論文で扱う Linked Information は、自然言語で表すことのできる情報を標準的な方法で機械的に処理できるようにしたもののことである。すなわち、Linked Information は Linked Documents と Linked Data の両方の特徴を併せ持つものである(図1参照)。Web においても、最終的に目指すべきものは Linked Information である。

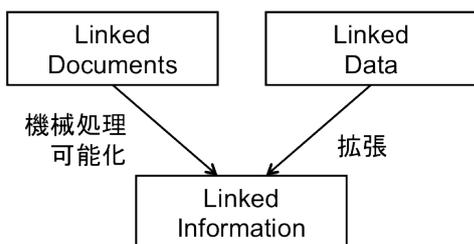


図1：Linked Information の概念

3 全体像

この節では、本論文で提案する Linked Information の作り方の全体像を示す。

第2節で述べたように、Linked Information は自然言語で表すことのできる情報を表現したものである。本方法では、情報 (Information) の表現方法を考えるにあたり、Saussure [3]が主張した「意味されるもの (signifié)」と「意味するもの (signifiant)」との二項対立の考え方(図2参照)を採用する。

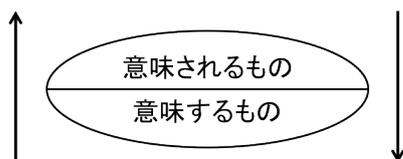


図2：「意味されるもの」と「意味するもの」

図2において、「意味するもの」は個別言語における具体的な言語表現であり、「意味されるもの」は「意味するもの」が意味している内容(世界のありさま)である。「意味されるもの」は誰かが何かの言語で表現してもしなくても存在しているものであるから、「意味するもの」とは独立の方法で規定されるべきである。

ここでは、「意味されるもの」の構造を特定言語に依存せずに記述する方法として、筆者が[4][5]で提案したオブジェクト指向意味構造記述を採用する。

「意味するもの」は、「意味されるもの」を特定の言語によって表現したものである。本論文では、(1)

制限された日本語と(2) RDF (Resource Description Framework) [6] / OWL (Web Ontology Language) [7]の2種類の言語を用いることにする。制限された日本語は、[2]で抽象文法と呼んでいたものに相当するが、本論文ではより分かりやすい概念である制限自然言語(Controlled Natural Language, CNL)を採用し、具体的には制限日本語(Controlled Japanese)を使用する。ただし、「意味するもの」を表現する形式には様々なものがあり得るので、制限自然言語や RDF/OWL 以外の表現形式についても今後検討を行う。

「意味するもの」は「意味されるもの」と対応し、双方向の変換が可能である。ここで提案する方法では、「意味するもの」を制限日本語で記述し、それを「意味されるもの」のオブジェクト世界を経由し、RDF/OWL に変換することによって Linked Information を作成する。Linked Information の作り方の全体像を図3に示す。

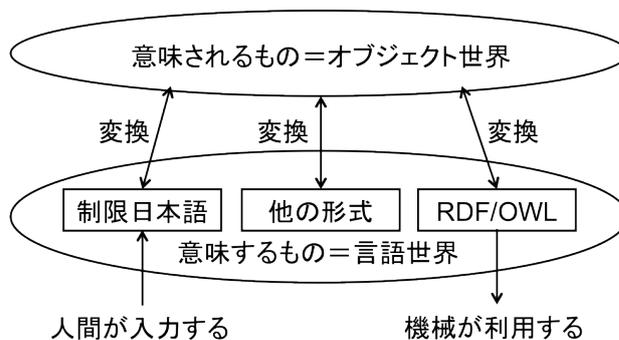


図3 Linked Information の作り方の全体像

以下、第4節と第5節で「意味されるもの」の議論を行い、第6節と第7節で「意味するもの」の議論を行う。

4 オブジェクト世界

本節と次節では、「意味されるもの」を特定の言語に依存しない方法で記述する方法として、オブジェクト指向意味構造記述[4][5]という方法を紹介する。この方法では、「意味されるもの」の構造をオブジェクト指向モデリング[8]の手法に基づいて規定する。オブジェクト指向モデリングに関する用語は、オブジェクト指向モデリングの標準言語である Unified Modeling Language (UML) [9]の用語を用いるものとする。

ここでは、意味される世界(現実世界でも仮想世界でもよい)に存在する物を記述の必要性に応じて抽象化して表現したものをオブジェクトと呼び、意味される世界は一群のオブジェクトにより構成されるものとする。オブジェクトは、人間や機械のよう

な物理的実体でもよいし、計画や規則のような概念的な存在でもよい。

各々のオブジェクトは、一つあるいは複数のアトリビュートを有する。各々のアトリビュートは値を有しており、時間とともにその値が変わり得るアトリビュートと値が不変であるアトリビュートとがある。前者のアトリビュートの値は、そのオブジェクトのその時点における状態を表し、後者のアトリビュートの値は、そのオブジェクト固有の性質を表す。

各々のオブジェクトは、一つあるいは複数のオペレーションを有してもよい。各々のオペレーションは、そのオブジェクトが実行する行為を表し、オペレーションを起動するときには一つあるいは複数のパラメータを指定してもよい。

二つのオブジェクトは、一つあるいは複数の関係（リンクと呼ばれる）で結ばれてもよい。このオブジェクト世界では、リンクの少なくとも片端には名前を付けるものとする（ただし、UML ではこれは必須ではない）。三つ以上のオブジェクトが一つのリンクで結ばれることも可能である。リンクがアトリビュートやオペレーションを持ってもよい。

同じアトリビュート、オペレーション、リンクを共有するオブジェクトの集合をクラスと呼ぶ。あるクラスのオブジェクトと別の（あるいは同じ）クラスのオブジェクトを結びつける同じ名前を持つリンクの集合をアソシエーションと呼ぶ。

一つのクラスが一つあるいは複数の部分集合を含んでもよく、そのような部分集合はサブクラスと呼ばれる。サブクラスは、それが含まれる親クラスのアトリビュート、オペレーション、アソシエーションを原則として全て所有し、そのサブクラス独自のアトリビュート、オペレーション、アソシエーション等を持ってもよい。

オブジェクト世界は、クラス定義とオブジェクト定義の2段階に分けて定義される。クラス定義は、クラス、アトリビュート、オペレーション、アソシエーションを定義したものであり、複数のオブジェクトに共通する特徴を規定する。オブジェクト定義は、オブジェクト、アトリビュート値、リンクを定義する。記述論理[10] の用語を用いると、クラス定義は TBox に相当し、オブジェクト定義は ABox に相当する。

「意味されるもの」の構造は、オブジェクト世界として規定され、これは「意味するもの」を表現する言語の文法には依存せずに規定できる。ただし、アトリビュートやオペレーション等の名前付けに自然言語を用いると、これらの意味がその言語に依存する可能性もあるので、注意が必要である。また、オブジェクト世界の構成が一意には決まらない場合

もあり、この実例は後述する。

太陽系探査に関する簡単なオブジェクト世界の例を UML [9] の記法に従って図4と図5に示す。図4はクラス定義であり、図5はオブジェクト定義である。ただし、これらは例として作成したものであり、太陽系探査の現実を厳密に表しているわけではない。

図4は、太陽系探査に関する情報を表すために使われるクラス、アトリビュート、オペレーション、アソシエーションを定義したものであり、個々のオブジェクトはこれらの定義に基づいて定義される。この図では省略されているが、アトリビュートのデータ型も規定する必要がある。

この世界には、探査機と天体という二つのクラスが存在する。これらのクラスは、それぞれサブクラスを有しており、探査機は周回機と着陸機という二つのサブクラス、天体は惑星、準惑星、小天体という三つのサブクラスをそれぞれ有している。探査目的と状態は、探査機クラスのオブジェクトが有するアトリビュートである。軌道変更すると観測するは、探査機クラスのオブジェクトが有するオペレーションである。また、アソシエーションが二つ定義されていて、これらは、周回機クラスのオブジェクトと天体クラスのオブジェクトとの間に周回天体というリンクを張ることができること、および、着陸機クラスのオブジェクトと天体クラスのオブジェクトとの間に着陸天体というリンクを張ることができることを示している。これらのリンクは、それぞれ「周回している」および「着陸している」を意味するものとする。

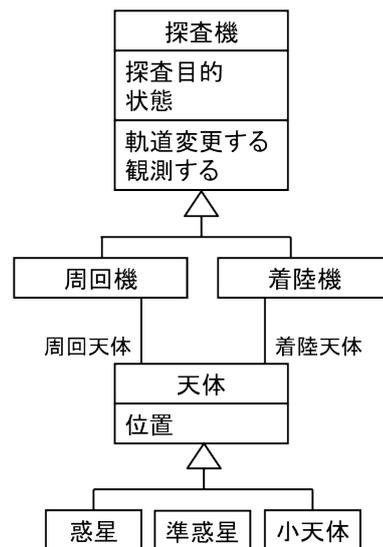


図4 太陽系探査用クラス定義の例

図5には三つのオブジェクトが示されている。MRO (NASA の火星周回機) というオブジェクトは

周回機クラス、Curiosity（NASAの火星着陸機）というオブジェクトは着陸機クラス、火星というオブジェクトは惑星クラスにそれぞれ属す。これらのオブジェクトのアトリビュート値も示されている。これらのオブジェクトのオペレーションは、クラスで定義されているものと同じであるので、オブジェクト定義においては省略されている。また、MROの周回天体とCuriosityの着陸天体とがそれぞれリンクとして示されている。

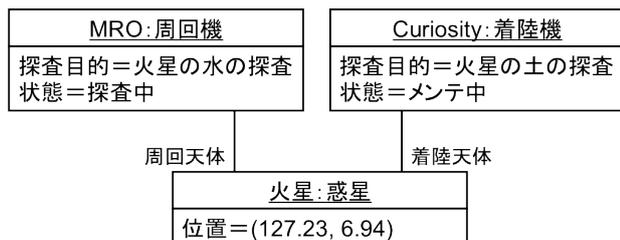


図5 太陽系探査用オブジェクト定義の例

ここで、オブジェクト世界の構成が一意には決まらない場合の例を図4に従って説明する。図4においては、着陸機クラスと天体クラスとの間に着陸天体というアソシエーションを定義しているが、着陸天体の詳細な記述が不必要であれば、着陸機クラスに着陸天体というアトリビュートを定義してもよい。また、着陸するという出来事の記述を行うだけでよい場合は、着陸機クラスに着陸するというオペレーションを定義し、着陸天体はこのオペレーションのパラメータとして規定してもよい。

このように複数の可能性がある場合は、Linked Informationの使用目的を定め（例えば、太陽系探査計画の策定に使用する）、使用目的毎に標準的なクラスを定義すべきである。Linked Informationが互いにLinkできることを保証するために、同じ使用目的のLinked Informationには同じクラス定義を使用し、類似の使用目的のLinked Information間では、それぞれのクラス定義間の対応関係（例えば、あるクラス定義のアソシエーションが別のクラス定義のアトリビュートに対応する）を規定すべきである。

5 オブジェクト指向意味構造記述

本節では、前節で定義されたオブジェクト世界の内容を記述する方法を示す。

ここでは、「意味されるもの」の内容を表したものを情報（Information）として定義する。情報は、状況と複合体の二つに分類される。自然言語の文法[11]に対応させると、状況は単文（一つの述語を含む文）に、複合体は複文（複数の述語を含む文）にそれぞれ対応する。複合体は、複数の状況を何らか

の規則で結合したものであり、「こういう状況になったから、このような状況を起こした」というような複合的な情報を表す。

状況は、さらに状態と事象とに分類される。状態は「オブジェクト世界がどうなっているか」を表すものであり、前説で示したオブジェクト定義の内容そのものである。事象は「オブジェクト世界で何が起きたか（あるいは、起きているか）」を表すものである。

状態の意味構造は、以下の三つのいずれかとして記述される。

- 1) オブジェクトの存在
- 2) オブジェクトのアトリビュート値
- 3) オブジェクト間のリンクの存在

事象の意味構造は、以下の四つのいずれかとして記述される。

- 4) オブジェクトの生成あるいは消滅
- 5) オブジェクトのアトリビュート値の変更
- 6) オブジェクト間のリンクの生成、消滅、変更
- 7) オブジェクトのオペレーションの実行

状況（状態と事象）の意味構造は、基本構造、述語構造、付加構造の三つに分けて規定される。

基本構造はオブジェクトに関する情報を表す。状況の基本構造を日本語で表現したものを表1に示す。表1の項目の中で、状態（上の三つ）の基本構造は、図5のようにUMLを用いて表現できるが、事象（下の四つ）の基本構造は、UMLでは表現できない。

表1 状況の基本構造の記述方法
（上の三つが状態であり、下の四つが事象である）

分類	基本構造
オブジェクトの存在	<X オブジェクトはYクラスのオブジェクトである>
アトリビュート値	<XオブジェクトのZアトリビュートの値はaである>
リンクの存在	<X オブジェクトのWはVオブジェクトである>または<V オブジェクトはXオブジェクトのWである>（ここで、WはXとVの間のリンクのV側の名前である）
オブジェクトの生成・消滅	<YクラスのXオブジェクトが生成される>または<Xオブジェクトが消滅する>
アトリビュート値の変更	<XオブジェクトのZアトリビュートの値がbに変更される>または<XオブジェクトのZアトリビュートの値がaからbに変更される>

リンクの生成・消滅・変更	<X オブジェクトの W が V になる> または<X オブジェクトの W が V でなくなる>または<X オブジェクトの W が U に変更される>または<X オブジェクトの W が V から U に変更される>
オペレーションの実行	<X オブジェクトが c をパラメータとして T オペレーションを実行する> (パラメータの指定は、T オペレーションでパラメータが指定されているときのみ)

述語構造は、状況を表す述語に関する情報を表すものであり、以下のものを指定する。

- ア) 時制 (過去、現在、未来)
- イ) 相 (進行中、完了した、習慣的に行う)
- ウ) 法性 (~である、~だろう、~すべき等)
- エ) 外部行為者 (事象を引き起こす外部オブジェクト)

この中で、ウ) とエ) は事象にのみ適用され、状態には適用されない。エ) の外部行為者は、事象の当事者オブジェクト(表1における X オブジェクト)以外のオブジェクトが事象を引き起こす場合(文法的には使役に対応する)において、事象を引き起こすオブジェクトを指定するものである。X オブジェクトが自分で事象を引き起こす場合は、外部行為者は指定しない。

付加構造は状況に対する付加語(adjunct) [11]を表すものであり、以下のものを指定するが、これらは必要があるときのみ指定する。

- A) 時点 (いつ、あるいは、いつからいつまで)
- B) 場所 (どこで)
- C) 程度 (どのくらい)
- D) 方法 (何をを使って)
- E) 理由・目的 (何のために)
- F) 条件 (~の場合は)

上記の中でD~Fについては、これらが一つの状況に対応する場合は、上に述べた複合体として表現する。

なお、複合体の意味構造については、稿を改めて報告する。また、状況と複合体の系列である談話(discourse)の意味構造を記述する方法についても、今後検討する予定である。

最後に「意味されるもの」の構造をまとめたものを図6に示す。まずは、分野あるいは目的毎にクラス定義を作成する。次に、記述すべき事項毎に、その記述に登場するオブジェクトをクラス定義に基づいて定義する。最後に、このオブジェクト世界の内

容(状況と複合体)を意味構造記述としてクラス定義とオブジェクト定義の双方に基づいて記述する。

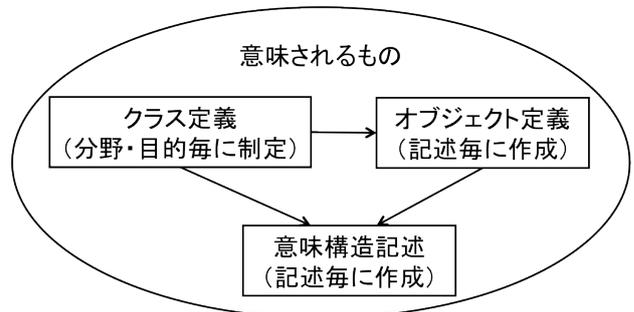


図6 「意味されるもの」の構造

6 制限日本語による表現

前々節と前節では「意味されるもの」の構造を記述する方法について議論したが、本節では「意味されるもの」の側の一つの表現形式として制限日本語を用いる方法を示す。ここで用いる制限日本語とは、オブジェクト世界の各々の状況に対して、「この状況はこの構文で表しなさい」という制限を付与した日本語のことである。状況毎に使用すべき制限日本語の構文を定義したものを辞書と呼ぶことにする。状況の集合は、クラス定義によって定まるので、辞書もクラス定義毎に作成される。辞書の具体的な内容は、後述する。

制限日本語による表現の位置づけを図7に示す。まず、辞書がクラス定義に基づいて作成される。制限日本語の文は意味構造記述と辞書に基づいて作成される。また、制限日本語文を意味構造記述に変換することも可能である。その際には、辞書も利用される。

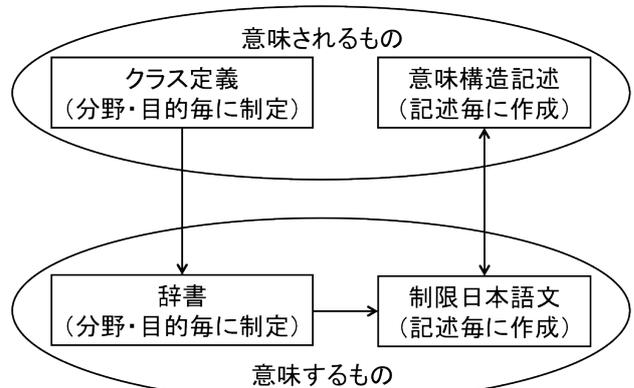


図7 制限日本語による表現の位置づけ

図4のクラス定義に現れる代表的な状況について、その状況がどのような制限日本語で表されるかを示

した例を表2に示す。ここでは、オブジェクト世界における意味構造記述（意味されるもの）を<>内に、制限日本語の構文を【】内に、制限日本語文（意味するもの）の例を「」内にそれぞれ示す。ここでは、各状況の述語構造は以下のようにになっているものとするが、表2の意味構造記述では、これらの記述は省略されている。

- ア) 時制：現在
- イ) 相：完了した
- ウ) 法性：～である
- エ) 外部行為者：なし

また、表2では、状況の付加構造の記述も省略されている。

表2 制限日本語によって状況を表した例

分類	<意味構造>（意味されるもの） 【制限日本語構文】 「制限日本語文例」（意味するもの）
オブジェクトの存在	<X オブジェクトは Y クラスのオブジェクトである> 【X は Y である】 「MRO は着陸機である」
アトリビュート値	<X オブジェクトの Z アトリビュートの値は a である> 【X の Z は a である】 「MRO の状態は探査中である」
リンクの存在	<周回機クラスの X オブジェクトの周回天体は V である> 【X は V を周回している】 「MRO は火星を周回している」
オブジェクトの生成・消滅	<探査機クラスの X オブジェクトが生成される> 【X が開発される】 「MRO が開発される」
アトリビュート値の変更	<X オブジェクトの Z アトリビュートの値が b に変更される> 【X の Z が b になる】 「MRO の状態がメンテ中になる」
リンクの生成・消滅・変更	<周回機クラスの X オブジェクトの周回天体が V になる> 【X が V の周回軌道に投入される】 「MRO が火星の周回軌道に投入される」
オペレーションの実行	<探査機クラス X オブジェクトが軌道変更するオペレーションを実行する> 【X が軌道変更を行う】 「MRO が軌道変更を行う」

表2の構文の規定には複数の種類のものが存在することに注意されたい。例えば、【X の Z は a である】は、全クラスの全アトリビュートに適用される構文であるが、【X は V を周回している】は、周回機クラスのオブジェクトの周回天体リンクにのみ適用される構文である。このように、構文を規定する単位は、その分野において自然な表現が得られるように適切に設定する必要がある。

上で述べた辞書には、以下の3種類の情報が含まれる。

1) クラス定義

2) 状況と構文との対応。構文は、表2で【】内に示したものであり、その状況を表す述語（動詞や形容詞）を規定し、その述語とともに使われるべき項（名詞等）の構造を変数を用いて規定したものである。

3) 状況の述語構造と付加構造の表現方法

状況毎に定められた構文を用いて意味する側の文を書けば、それを意味される側の意味構造記述に変換するのはほぼ自動的に行える。将来は、辞書で規定された構文を使って容易に作文を行えるようにするためのツールを開発する予定である。

7 RDF/OWL による表現

「意味するもの」の側における機械処理可能な表現形式としては、Extensible Markup Language (XML) や関係データベース等いろいろなものが可能である。しかし、Linked Information を普及させるためには、現在の Linked Data との互換性も重要であるので、本節では、「意味するもの」の側の表現形式として RDF/OWL を用いる方法を示す。

第4節でオブジェクト世界を定義するのにオブジェクト指向モデリング言語である UML [9]を使用した。UML と RDF/OWL の相互変換については多くの研究があるが（代表的なものは[12][13][14]）、これらは全て RDF/OWL の記述を作成する道具として UML を利用するためのものであり、RDF/OWL を UML の要素を用いてどう表現するかについて論じている。

本研究で必要としているのは、それとは逆に、UML の要素を RDF/OWL で表すための方法であるが、筆者の知る限り、そのような研究はなされていない。また、UML の要素を用いて表現できる意味構造は状態だけであり、事象や複合体は UML では表現できない。従って、オブジェクト指向意味構造記述を RDF/OWL で表現する方法を新たに開発する必要がある。そのために、意味構造記述言語(Semantic Structures Description Language, SSDL)と呼ぶ言語を開発中である。オブジェクト指向意味構造記述を

Linked Information とするためには、クラス定義も RDF/OWL で表現しなければならないが、SSDL はそのための規則も含んでいる。

SSDL とそれに基づいて作成される RDF/OWL 文の位置づけを図 8 に示す。図 7 との違いは、SSDL が個々のクラス定義には依存せずにオブジェクト世界の構成規則および記述規則のみに基づいて制定できる点である。その他については、図 7 と同様である。

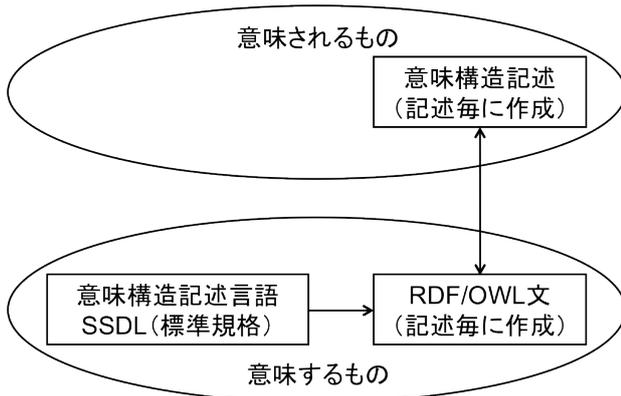


図 8 RDF/OWL による表現の位置づけ

SSDL は、Minsky のフレーム[15]を参考にして設計された。SSDL の基本構文を以下に示す。

```

オブジェクト名 フレーム種類
    スロット種類 1 スロット値 1
    スロット種類 2 スロット値 2
    スロット種類 3 スロット値 3
    
```

フレーム種類とスロット種類を兼ねさせることができる場合は、以下の簡略構文も使用できる。

```

オブジェクト名 スロット種類 スロット値
    
```

SSDL の詳細は別途報告する。

以下では、第 5 節で例として示した状況の意味構造を SSDL に従って RDF/OWL で表現した例をいくつか示す。例 1 から例 3 までは各状況の述語構造と付加構造は省略されているが（デフォルト値を取っているため）、例 4 には述語構造と付加構造も示されている。RDF/OWL の表記法としては、turtle [16]を使用する。また、以下の名前空間を使用する。

- (1) `ssdl` : SSDL 用の名前空間
- (2) `sse` : 太陽系探査用の名前空間
- (3) `x` : この例固有の名前空間

各々の例について、まず制限日本語文を「」に入れて示し、その後に意味構造記述を<>に入れて示す。

最後に RDF/OWL 表記を示す。

(例 1) 「MRO は着陸機である」

<MRO オブジェクトは着陸機クラスのオブジェクトである>

```

x:MRO  ssdl:object
      [ssdl:class  sse:着陸機] .
    
```

(例 2) 「MRO の状態は探査中である」

<MRO オブジェクトの状態アトリビュートの値は探査中である>

```

x:MRO  sse:状態  sse:探査中 .
    
```

(例 3) 「MRO は火星を周回している」

<MRO オブジェクトの周回天体は火星である>

```

x:MRO  sse:周回天体  x:火星 .
    
```

(例 4) 「MRO の状態が 2014 年 3 月 5 日にメンテ中になった」

<MRO オブジェクトの状態アトリビュートの値がメンテ中に変更される。>

時制：過去
時点：2014 年 3 月 5 日>

```

x:MRO  ssdl:attributeChange
      [ssdl:attribute  sse:状態
       ssdl:valueTo  sse:メンテ中
       ssdl:tense  ssdl:past
       ssdl:when  ssdl:"2014-03-05"] .
    
```

8 本方式の特徴

本論文の方法の主要な特徴を以下に示す。

(1) 複雑な構造を持つ情報を Linked Information として統一的な方法で生成できる。Linked Information は RDF/OWL で表現することが可能であり、Linked Information の処理には Linked Data の技術を活用することができる。

(2) Linked Information は、自然言語に近い言語（制限自然言語）を用いて容易に作成できる。また、Linked Information を制限自然言語の文章に変換することもできる。すなわち、Linked Information の技術的な知識がなくても、Linked Information を作成したり閲覧したりすることができる。

(3) Linked Information の意味が意味構造記述として与えられているので、Linked Information の意味

を解析あるいは処理することが可能である。Linked Information を意味に基づいて検索したり処理したりするシステムの開発が可能になる。

(4) Linked Information の意味構造記述は特定の言語に依存しないので、Linked Information は任意の言語に変換できる(ただし、クラス定義に特定の自然言語を用いる場合は、第4節に述べたような注意が必要である)。また、(2)で述べたように、Linked Information と制限自然言語は相互に変換可能であるので、制限自然言語は他の任意の制限自然言語に翻訳できることになる。従って、本方法を用いれば、多言語システムを実現することができる。

(5)「意味されるもの」と「意味するもの」を分離することにより、この二つのそれぞれに適した表現形式を独自に発展させることができる。「意味されるもの」の表現方法は、談話分析や語用論の研究成果を取り入れることによってさらに発展させることが可能である。また、「意味するもの」の表現形式としては、制限自然言語と RDF/OWL 以外にも様々なものを使用することができ、「意味されるもの」の内容に応じて最も適した表現形式を選択することができる。様々な形式の情報を一体的に扱うシステムの開発も可能であろう。

9 おわりに

本論文では、オブジェクト指向モデリングに基づいて意味構造を記述する方法を利用して Linked Information を作成する方法の提案を行った。この方法を使えば、複雑な情報を機械処理可能な形で統一的に作成できる。また、自然言語に近い言語を用いて Linked Information を作成することができるので、技術的な知識がなくても Linked Information が作成できる。Linked Information は RDF/OWL に変換することができ、従来の Linked Data の技術をそのまま活用することもできる。

本論文の方法においては、意味表現の基礎としてオブジェクト指向技術とともに自然言語の特徴を利用している。自然言語の表現能力は他の表現手段の表現能力よりも遥かに優れているので、複雑な情報を記述する方式を自然言語に基づいて開発することは、極めて自然な選択である。この方法を応用することによって、深いレベルで情報を処理する様々な技術を産み出すことも可能であると思われる。

本論文の研究はまだ初期段階であるが、本論文が長期的な視点に立って Web 技術や意味処理技術を発展させるためのきっかけになれば幸いである。

謝辞

本研究について、自然言語処理の観点からご相談

させていただいている岡山大学竹内孔一先生、データベース技術の立場からご議論をお願いしている慶應義塾大学遠山元道先生、システムモデリングの観点からご相談させていただいている慶應義塾大学白坂成功先生、宇宙情報システムの立場からご意見をいただいている宇宙航空研究開発機構松崎恵一先生に感謝申し上げます。

参考文献

- [1] Heath, T., and Bizer, C.: *Linked Data: Evolving the Web into a Global Data Space*, Morgan & Claypool Publishers (2011)
- [2] 山田隆弘: 文章を書くように Linked Data あるいは Linked Information を作る方法, 人工知能学会研究会資料, SIG-SWO-A1203-02 (2013)
- [3] Saussure, F.: *Cours de Linguistique Générale*, Payot (1915)
- [4] 山田隆弘: 語彙概念構造のオブジェクト指向化について, 言語処理学会第 20 回年次大会 (2014)
- [5] 山田隆弘: オブジェクト指向に基づく意味構造の記述について, 2014 年度人工知能学会全国大会 (2014)
- [6] W3C, <http://www.w3.org/TR/rdf-syntax-grammar/>
- [7] W3C, <http://www.w3.org/TR/owl2-syntax/>
- [8] Blaha, M., Rumbaugh, J.: *Object-Oriented Modeling and Design with UML*, Second Edition, Prentice Hall (2005)
- [9] Booch, G., Rumbaugh, J., Jacobson, I.: *The Unified Modeling Language User Guide*, Second Edition, Addison-Wesley (2005).
- [10] Baader, F., Calvanese, D., McGuinness, D. L., Nardi, D., Patel-Schneider, P. F.: *The Description Logic Handbook: Theory, Implementation and Applications*, Second Edition, Cambridge University Press (2010)
- [11] 益岡隆志, 仁田義雄, 郡司隆男, 金水敏: 文法, 岩波講座言語の科学 5, 岩波書店 (1997)
- [12] Cranefield, S., Networked knowledge representation and exchange using UML and RDF, *Journal of Digital Information*, Vol. 1, No. 1, article no. 44 (2001)
- [13] Baclawski, K., et al.: Extending the unified modeling language for ontology development, *Software and Systems Modeling*, Vol. 1, No. 2, pp. 142-156 (2002)
- [14] OMG, *Ontology Definition Metamodel, Version 1.0* (2009)
- [15] Minsky, M.: *A Framework for Representing Knowledge*, MIT-AI Laboratory Memo 306 (1974)
- [16] W3C, <http://www.w3.org/TeamSubmission/turtle>