

オブジェクト指向に基づく意味構造の記述について

On descriptions of semantic structures based on the object-oriented technique

山田隆弘^{*1}
Takahiro Yamada

^{*1} 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所
Japan Aerospace Exploration Agency/Institute of Space and Astronautical Science

Saussure analyzed languages based on the dyadic relation between a signal (an expression in a given language) and a signification (what the language expression means). Although this relation has rarely been used in the studies of meaning, the meaning of language expressions should be studied based on this relation. In order to describe this relation precisely, the structure of significations should be specified independently of the structure of signals (that is, the grammar of languages). This paper proposes a method of describing the structure of significations based on the object-oriented modeling technique, and shows how the semantic structures of language expressions can be described with this method.

1. はじめに

Saussure [1915]は、言語を「意味されるもの (signifié)」と「意味するもの (significant)」との対応関係を基にして分析した(図1参照)。言語の意味を研究する場合は、この両者の対応関係を基礎としてなされるべきである。ところが、言語学においても自然言語処理においても、意味に関する研究において Saussure の対応関係を念頭においているものは非常に少ない。

「意味されるもの」と「意味するもの」の対応関係を厳密に記述するには、「意味されるもの」の構造が「意味するもの(特定の言語表現)」の構造(特定言語の語彙や文法)とは独立に規定されていなければならない。なぜならば、同一の「意味されるもの」を複数の言語によって表現することが可能であるからである。「意味されるもの」は、特定言語の辞書と文法を用いて特定言語における「意味するもの」と対応づけられる。

本論文では、オブジェクト指向モデリング[Blaaha 2005]の手法に基づいて「意味されるもの」の構造を「意味するもの」とは独立に規定する方法を提案し、それによって言語表現の意味構造を厳密に記述する方法を提案する。本論文の内容は、先に提案した語彙概念構造のオブジェクト指向化[山田 2014]を文の意味の記述に拡張したものである。

石崎[1995]は、物理世界、概念世界、言語世界という区分を提唱しているが、この中で概念世界が「意味されるもの」に、言語世界が「意味するもの」に対応する。また、概念世界は、物理世界を抽象化したものである。本論文で提案する方式は、石崎の提案する概念世界の構造をオブジェクト指向モデリングに基づいて厳密に規定するための方法となっている。

本研究は未だに進行中であり、本論文では基本的な原理のみを提示する。将来の課題については、本文中のそれぞれの箇所而言及している。

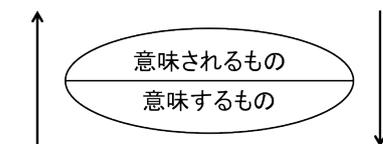


図1 「意味されるもの」と「意味するもの」

2. オブジェクト世界

2.1 オブジェクト世界の構造

ここで提案する方法では、「意味されるもの」の構造をオブジェクト指向モデリング[Blaaha 2005]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) [Booch 2005] のもの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す。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、これらの定義はオブジェクト定義で使用される。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[Baader 2010]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。第3節で述べる意味構造記述も 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、「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、そ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。

2.2 オブジェクト世界の実例

簡単なオブジェクト世界の例をUML [Booch 2005]の記法に従って図2に示す。図2の上半分はクラス定義であり、下半分はオブジェクト定義である。

図2の上半分は、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る。この図では省略されているが、アトリビュートとオペレーションのパラメータのデータ型も規定する必要がある。

この世界には、動物、人間、愛玩動物という三つのクラスが存在するが、人間と愛玩動物は、どちらも動物のサブクラスである。生年月日は、動物クラスのオブジェクトが有するアトリビュートであり、食べるは、動物クラスのオブジェクトが有するオペレーションである。人間クラスのオブジェクトは生年月日の他に住所というアトリビュートも有する。愛玩動物クラスのオブジェクトは生年月日の他に種類というアトリビュートも有する。また、アソシエーションが二つ定義されていて、これらは、二つの人間クラスのオブジェクトの間には友人というリンクを張ることができること、および、人間クラスのオブジェクトと愛玩動物クラスのオブジェクトの間には飼い主-ペットというリンクを張ることができることを示している。

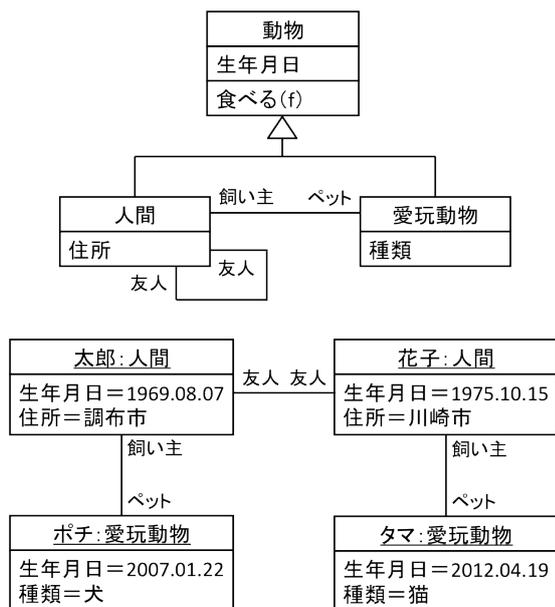


図2 簡単なオブジェクト世界の例

図2の下半分には四つのオブジェクトが示されている。太郎と花子というオブジェクトは人間クラスに属し、ポチとタマというオブジェクトは愛玩動物クラスに属す。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、クラスで規定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、太郎と花子の関係がリンクとして示されている。太郎と花子のペットもそれぞれリンクを用いて示されている。

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2に従って説明する。図2においては、人間クラスと愛玩動物クラスとの間に飼い主-ペットというアソシエーションを定義しているが、ペットの詳細な記述が不必要であれば、人間クラスにペットというアトリビュートを定義してもよい。このように複数の可能性がある場合は、一般的な選択の基準を作るとともに、使用目的毎に標準的なクラスを定義すべきである。選択の基準の作成は、将来の課題である。

3. 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に関する情報の意味構造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。「意味するもの」の文法[益岡 1997]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る。

3.1 状況の意味構造

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、以下の三つに分けて規定される。

- A) 基本構造
- B) 述語構造
- C) 付加構造

基本構造は状況に関係しているオブジェクトに関する情報を表す。上で示した七つの状況の基本構造を日本語で表現したものを表1の<>内に示す。

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)

状況の分類	基本構造
オブジェクトの存在	< X 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> <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> <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	<V オブジェクトが X オブジェクトの W になる> <V オブジェクトが X オブジェクトの W でなくなる> <X オブジェクトの W が U オブジェクトに変更される> <X オブジェクトの W が V オブジェクトから U オブジェクトに変更される>
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)

図2の例を使って表1の基本構造を記述した例を表2に示す。ここでは、「」内の日本語表現(意味するもの)に対応する意味構造記述(意味されるもの、ただし基本構造のみ)を<>内に示す。

表2 状況の基本構造の記述例

分類	「日本語表現」(意味するもの)→ <意味構造記述>(意味されるもの)
オブジェクトの存在	「太郎は人間である」→ <太郎は人間クラスのオブジェクトである>
アトリビュート値	「太郎は調布市に住んでいる」→ <太郎オブジェクトの住所アトリビュートの値は調布市である>
リンクの存在	「ポチは太郎のペットである」→ <ポチオブジェクトは太郎オブジェクトのペットである>
オブジェクトの生成・消滅	「花子が生まれる」→ <人間クラスの花子オブジェクトが生成される>
アトリビュート値の変更	「太郎が横浜市に引っ越す」→ <太郎オブジェクトの住所アトリビュートの値が横浜市に変更される>
リンクの生成・消滅・変更	「花子が太郎の友人になる」→ <花子オブジェクトが太郎オブジェクトの友人になる>
オペレーションの実行	「太郎がラーメンを食べる」→ <太郎オブジェクトがラーメンをパラメータとして食べるオペレーションを実行する>

述語構造は、状況を表す述語に関する補足情報を表すものであり、以下のものを指定する。(述語は、「意味するもの」の側の用語であるが、他に適当な用語が見当たらないので、ここでは便宜的に使用する。)

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) [益岡 1997]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、いつから、いつまで)
B)場所(どこで、どこへ、どこから、どこを經由して)
C)程度(どのくらい)
D)方法(何を使って)
E)理由(何だから)
F)目的(何のために)
G)条件(何の場合は)
H)交換条件(何を得て)
上記の付加語が一つの状況に対応する場合は、3.2 節に示すように複合体として表現する。

3.2 複合体の意味構造

典型的な複合体の意味構造の記述方式をその意味と例とともに表3に示す。表3の中の状況1、状況2等は、3.1 節に示した状況のどれかに対応する。この表に示されているように、複合体の意味構造は、複合体に含まれる状況間の意味関係に基づいて規定される。この表の複合体以外に、この表の複合体の派生形も存在する(例えば、AFTER や UNTIL 等)。この複合体の意味構造記述方式は、Jackendoff [1990]が提案した節修飾(Clause Modification)の意味構造記述方式を拡張したものである。

表3 典型的な複合体の意味構造

意味構造記述	複合体の意味(上段)と例(下段)
<状況1 BY 状況2>	状況2は状況1を実現する手段 「太郎は、窓を壊し(状況2)て部屋から出た(状況1)」
<状況1 FROM 状況2>	状況2は状況1の理由 「太郎は、勉強した(状況2)ので試験に合格した(状況1)」
<状況1 FOR 状況2>	状況2は状況1の目的 「太郎は、花子を喜ばす(状況2)ために花を買った(状況1)」
<状況1 IF 状況2>	状況2が成立すれば状況1が成立する 「明日晴れて(状況2)いれば、太郎は山に登る(状況1)」
<状況1 WHILE 状況2>	状況2が成立している間状況1が成立する 「雨が降っている(状況2)あいだ、太郎は部屋で本を読む(状況1)」
<状況1 WHEN 状況2>	状況2が成立している時に状況1が成立する 「花子が家に戻った(状況2)ときに、太郎は本を読んでいた(状況1)」

<状況1 WHERE 状況2>	状況2が成立している場所で状況1が成立する 「花子が虹を見た(状況2)場所で、太郎はUFOを見た(状況1)」
<SEQ 状況1 状況2 状況3>	状況1、状況2、状況3が順次行われる 「太郎は、湯を容器に入れ(状況1)、3分待ち(状況2)、ラーメンを食べた(状況3)」
<PAR 状況1 状況2 状況3>	状況1、状況2、状況3が同時に行われる 「太郎は、ニュースを聞き(状況1)ながら、歌を歌い(状況2)ながら掃除した(状況3)」

このような複合体を用いることによって、事実としての複合的な意味構造を示すだけでなく、状況の法性(3.1 節参照)と組み合わせる規則(例:そういう場合は、こうすべき)や手順(例:こうして、ああして、そうすべき)を表すこともできる。また、複合体の意味構造の記述を進展させ、談話の意味構造の記述を行うことも可能であり、今後検討を行う。

名詞句を用いた構文(例えば、「太郎のペットは白い大きな犬である」)の意味構造、あるいは、関係代名詞を用いた構文(例えば、「太郎は ABC マーケットで買った花を花子に与えた」)の意味構造は、別の種類の複合体であるが、これらの意味構造の記述方式については、今後検討する。

4. 本方式の特徴

Saussure が提案した「意味されるもの」と「意味するもの」との対応関係は、言語学においては非常に良く知られているが、現在の言語学においても言語処理においても、この対応関係を念頭においた議論はほとんど行われていない。個別言語の文法は「意味するもの」の構造を規定するものであり、意味は「意味されるもの」に所属するのであるが、文法と意味とを分離して扱うことは、精密な言語理論および言語処理方式を構築する上で重要である。

本方式の最大の特徴は、「意味されるもの」の構造を「意味するもの」の構造には依存しない方法で規定していることである。本方法では、「意味するもの」がどのような言語で表現されていても、その表現の意味は、一つのオブジェクト世界の状態や事象として記述される。これによって、言語の議論において文法と意味とを切り離して議論することが可能になり、文法と意味との間の相関関係を精密に規定することも可能になる。本方式を用いることによって従来の言語理論を精密ができると期待されるが、どれだけ精密化できるかの検証は、将来の課題である。

本方式のもう一つの重要な特徴は、それが一般的な意味の構造を提案していることである。意味を表現する一般的な方式があれば、それに基づいて汎用の意味処理システム(例えば、知識ベースや知識処理システム)の開発が行えるようになる。

ただし、オブジェクトを用いさえすれば「意味されるもの」が「意味するもの」とは完全に独立に規定できる訳ではない。2.1 節で述べたように、クラス定義に自然言語を用いる場合は、クラス定義の意味がその言語に依存してしまう可能性がある。特定言語に依存せずにオブジェクト世界を構築する方法の開発も今後の課題である。

5. おわりに

本論文では、「意味されるもの」の構造をオブジェクト指向モデリングの手法に基づいて「意味するもの」とは独立に規定する方法を提案し、それによって言語表現の意味構造がどのように記述されるかを示した。この研究は、始まったばかりであり、上述のように将来の課題も多い。しかし、本論文が計算機による意味処理に関する議論を盛んにするためのきっかけになれば幸いである。

参考文献

- [石崎 1995] 石崎俊: 自然言語処理, 昭晃堂, 1995.
- [益岡 1997] 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.
- [山田 2014] 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.
- [Baader 2010] 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.
- [Blaah 2005] Blaha, M., Rumbaugh, J.: *Object-Oriented Modeling and Design with UML*, Second Edition, Prentice Hall, 2005.
- [Booch 2005] Booch, G., Rumbaugh, J., Jacobson, I.: *The Unified Modeling Language User Guide*, Second Edition, Addison-Wesley, 2005.
- [Jackendoff 1990] Jackendoff, R.: *Semantic Structures*, MIT Press, 1990.
- [Saussure 1915] Saussure, F.: *Cours de Linguistique Générale*, Payot, 1915.