

上位オントロジーの主要概念の捉え方の整理

Organizing the principal concepts of upper ontology

田和辻 可昌¹ 荒川 直哉² 山川 宏^{2,3}

TAWATSUJI Yosihmasa¹, ARAKAWA Naoya², and YAMAKAWA Hiroshi^{2,3}

¹ 早稲田大学 グローバルエデュケーションセンター

¹ Global Education Center, Waseda University

² 全脳アーキテクチャ・イニシアティブ

² Whole Brain Architecture Initiative

³ 理化学研究所／東京大学

³ RIKEN/The University of Tokyo

Abstract: In both engineering and philosophical ontologies, there is no doubt about the importance of the two axes of Independent-Dependent (I-D axis) and Continuant-Occurrent (C-O axis) in their upper categories. However, the way these two axes are handled is not consistent among existing upper ontologies. In this study, we first showed that upper ontologies can be classified into three types based on the priority of the treatment of the two axes: C-O axis priority type, I-D axis priority type, and both axes equivalent type. Next, we clarified that the C-O axis priority type does not distinguish between Independent and Dependent of Occurrent, while the I-D axis priority type does not distinguish between Independent and Dependent of Occurrent.

1. はじめに

応用存在論（またはオントロジー）の分野では、多様な領域で得られる知識を一貫した概念体系の下で整理することを目的に、上位オントロジーの構築が進められてきた。上位オントロジーでは、最上位概念に Entity をおき、世界をどのように捉えるかという観察者の視点で各概念を個別化していく[1]。これまでいくつかの上位オントロジーが提案されてきたが、これらの上位オントロジーがそれぞれどのような特徴を有しているか、その差異はどこにあるかといった比較は、各上位オントロジーの概念体系を理解する上で重要である。Mascardi らは7つの上位オントロジーを対象に、ソフトウェア工学の観点から各上位オントロジーの概要、クラス数や記述言語（e.g. OWL）などを比較可能な形で列挙している[2]。しかし、上位オントロジーの各カテゴリー体系の個別化の有り様についての分析を行った例は著者らの調べた範囲では存在しない。そこで本研究では各上位オントロジーにおける Independent-Dependent (I-D 軸) および Continuant-Occurrent (C-O 軸) の扱いについて検討する。

2. 主要カテゴリーの関係性の整理

2.1. 分析対象となる主要カテゴリー軸

各上位オントロジーだけでなく現代存在論の知見[3]を考慮するとオントロジーを整理するための基礎的な軸は以下の2つに整理できる。

- Independent-Dependent(I-D)軸
 - ✧ Independent とは、自分自身で完結して存在できるもの
 - ✧ Dependent とは、自分以外の他のものに依存せずに存在できないもの
- Continuant-Occurrent(C-O)軸
 - ✧ Continuant とは、存在している間は同一性が認められるもの
 - ✧ Occurrent とは、ある時区間（時間的境界）で時間発展するもの

2.2. 主要カテゴリーマトリックス

前記2軸が直交（独立）していると仮定すれば、各上位オントロジーの主要カテゴリーの組み合わせとして表1に示すような以下4つのマトリックス要

表 1. Dependent/Independent 軸と Occurrent/Continuant 軸による上位オントロジーの主要カテゴリーの位置づけ
(表内の \longleftrightarrow は各上位オントロジーで未区分の個所を表す.)

	Independent : 自分自身で完結して存在できるもの	Dependent : 自分以外の他のものへの依存なしに存在できないもの
Occurrent : ある時区間 (時間的境界) で時間発展するもの	[IO] Independent Occurrent 例: 雨・風? BFO : — (Occurrent) \longleftrightarrow DOLCE : — (Perdurant/Occurrence) \longleftrightarrow YAMATO : Occurrent SOWA : Process	[DO] Dependent Occurrent 例: 日焼け, 頭痛, 身長の変化 BFO : — (Occurrent) DOLCE : — (Perdurant/Occurrence) YAMATO : — (Dependent) \longleftrightarrow SOWA : Participants
Continuant : 存在している間は同一性が認められるもの	[IC] Independent Continuant 例: 人間, ネコ BFO : Independent Continuant DOLCE : Substantial YAMATO : Continuant SOWA : Object	[DC] Dependent Continuant 例: 白さ, 手, 穴 BFO : Dependent Continuant DOLCE : Quality YAMATO : — (Dependent) \longleftrightarrow SOWA : Juncture

素を定義できる.

以下に, それぞれのマトリックス要素について例を交えて説明する.

- Independent Continuant (IC)
 - IC は例えば人間やネコなど, 自分自身で独立して存在でき, 存在している間は同一性が認められるものであり, 多くの上位オントロジーに共通してあらわれる.
- Independent Occurrent (IO)
 - IO は「雨」や「風」などそれぞれで完結してある時区間で生起するものである.
- Dependent Continuant (DC)
 - DC の例としては「白さ」(性質:property) や「手」(人体の全体に対する部分) あるいは「穴」(周囲の存在に対して依存的) などが挙げられる.
- Dependent Occurrent (DO)
 - DO の例としては「日焼け」(性質の変化) や「頭痛」(頭という特定の Continuant に対して起こる「痛み」) などが考えられる.

3. 上位オントロジーの分析

3.1. 分析対象とする上位オントロジー

本研究では, 自由に利用可能な5つの上位オントロジーを分析の対象とする. 具体的には, BFO (Basic Formal Ontology)[4], DOLCE[5], YAMATO (Yet Another More Advanced Top-level Ontology)[6], および Sowa[7]である. 今回 SUMO (Suggested Upper Merged

Ontology)を除外した理由は, 複数の上位オントロジーを組み合わせで作成したものであり, カテゴリーの分析対象として扱いづらいためである.

3.2. 主要軸からみた上位オントロジー構造

上位オントロジーから主要カテゴリーを抽出, 強調したものを図1に示す. その上で, これら5つの上位オントロジーを I-D 軸および C-O 軸の観点の扱いの点から分類した.

- C-O 軸優先型:
 - Entity をまず C-O 軸で個別化し, さらに, Continuant について I-D 軸で個別化する
 - 具体例: BFO[4]と DOLCE[5]¹
- I-D 軸優先型:
 - Entity をまず I-D 軸で個別化し, その上で Physical のカテゴリーを Occurrent と Continuant に個別化する.
 - 具体例: YAMATO[6]
- 両軸同等型
 - 両軸が同等に扱われ, tree 状に個別化されない. Continuant と Occurrent, および Independent と Relative と Mediating の組み合わせから各カテゴリーが構成される.
 - 具体例: SOWA[7]

3.3. マトリックス要素から見た上位オントロジー

マトリックス (表1) 中に, 分析対象とした上位を Continuant と Occurrent に対応づくで見なした.

¹ ここでは, DOLCE における Endurant と Perdurant

■BFO (Basic Formal Ontology)

- Entity
 - **continuant**
 - **generically dependent** continuant
 - **independent** continuant
 - **specifically dependent** continuant
 - **occurent**
 - process
 - process boundary
 - spatiotemporal region
 - temporal region

■DOLCE

- Entity
 - Abstract
 - **Endurant**
 - **Quality** (*Dependent)
 - **Substantial** (*Independent)
 - **Perdurant/Occurrence**
 - Event
 - Stative

■YAMATO

- Particular
 - substrate
 - entity
 - physical
 - **occurent**
 - **continuant**
 - abstract
 - semi-abstract
 - **dependent entity**
 - generically dependent
 - quality value
 - role_3
 - specifically dependent
 - quality_1
 - role
 - feature

■SOWA

	Physical		Abstract	
	Continuant	Occurent	Continuant	Occurent
Independent	Object	Process	Schema	Script
Relative	Juncture	Participants	Description	History
Mediating	Structure	Situation	Reason	Purpose

図 1. 各上位オントロジーの主要カテゴリー (*個所は著者が注釈として与えた)

オントロジーにおける主要カテゴリーに関わるクラス名を加筆した。明らかに、いずれの上位オントロジーにおいても、ICは一貫して独自の位置づけを持つ。これに対して、Sowa 以外の上位オントロジーでは、先程述べた軸の優先型に対応してマトリックス要素の区別が部分的に消失している。

DO は IO と未区別：C-O 軸優先型

BFO や DOLCE では Occurent の下位では I-C 軸が個別化されない。同じような形の存在論的セクステット[8]では、Occurent は Independent continuant の参与によるため、それは暗黙のうちに Dependent と了解されているように見える。よって、同様に I-D 軸で個別化されない BFO や DOLCE における Occurent も、Dependent であることが前提と思われる。

DO-DC の未区別：I-D 軸優先型

YAMATO では、Independent の下位では Occurent と Continuant の区別がある。しかし、Dependent の下では、それに相当する DC と DO の区別がない。つまり、Dependent の下での Occurent と Continuant の違いは想定されていない。

DO と DC の区別：両軸同等型

両軸同等型における DO と DC を含む Dependent 以下の扱いを確認する。具体的には、Sowa 中の

Physical な場合における、Dependent にあたる Prehension の配下を検討する。ここで Prehension は別の Entity と関係をもつ physical entity として定義され、has-test で検証されるものである。Prehension の配下は以下の 2 つである[7]。

- DO: Participant(参与)
 - 特定の時区間において、Occurent とみなされる Prehension で、あるプロセス Entity に加わる Entity。つまり時間に対して安定した関係をもたないもの
- DC: Juncture(接合)
 - 特定の時区間において、Continuant とみなされる Prehension で、ある Entity と安定した関係をもつもの

4. 議論

4.1. Dependent における Continuant と

Occurent

Dependent が関わる、Continuant と Occurent の扱いは上位オントロジーの型ごとに異なり、説得的な説明が得られていない。まずは、これまでに議論された Dependent 以下の扱いを列挙する。

1. C-O 軸優先型では、DO のみと想定され(IO が想定されず)、

2. I-D 軸優先型では、DO と DC は未区別で、
3. 両軸同等型の Sowa では、DO は Participant で、DC は Juncture である。

DO と DC の区別が難しい理由は、少なくとも時区間と Determinable の観点が関係する。

時区間の観点では、ある性質が Continuant なのか Occurrent なのかは、その選択の仕方による。例えば、机の「この白さ」は、ある細かい時間粒度では安定した DC とみなせるが、より大きな時間解像度では、「この白さ」は、前の時間間隔の「この白さ」と同一視できない DO とみなされる。

次に、確定可能性 (Determinable) を確定的 (Determinates) から区別することの重要性は、プロパティなどの Dependent なエンティティについても知られている [3,9,10]。例えば、赤さと青さは、色の Determinable な性質に対して、Determinate な性質と言われる。一方、深紅と緋色は、赤みの Determinable な性質に関して Determinate な性質であると言われる。このように、Determinate と Determinable の区別は相対的である。

ここで両方の視点が DO と DC の区別の困難さに関連していることを確認する。例えば、1 時間の間に机の色が「深紅から緋色に変化」した場合、その変化は Occurrent (DO) と捉えうる。しかし、時間間隔を狭めて最初の 1 秒を見てみると、色は真紅のままであり、継続 (DC) と捉えうる。さらに、一時間の経過をみても、赤さという点においては変化しておらずやはり Continuant (DC) と捉えうる。

以上のように、この 2 つの視点はいずれも相対的であり、かつ絡み合っていることが扱いを難しくしているのだろう。既存の上位オントロジーにおいて、DO と DC の区別を避けたり、DO のみを想定しているのは、こうした事情によるものと推察される。

ただし YAMATO においては、属性と属性値が区分される。この区分は、データサイエンスなどで扱う関係データでは極めて常識的である。これは、一見すると確定可能性と確定性の区分と似たようにものに見える。つまり、以下の様に対応付づく。

- 属性=(Determinable としての)色
 - 属性値=(Determinate としての)赤さ・青さ
- しかしながら、以下のように対応付けようとすると、属性の部分に不自然さがあらわれる。
- 属性=(Determinable としての)赤さ
 - 属性値=(Determinate としての)深紅色・緋色

以上の検討より、属性／属性値の区分は、確定性／確定可能性の区分とは異なる。しかし寧ろ、属性を DC、属性値を DO とみなすというアイデアへのヒントを与えているのかもしれない。

4.2. 多重継承回避と歴史的背景

先のような二つの軸で捉えたときに、上位オントロジーによってカテゴリーが存在したり存在しなかったりすることは、(上位に限らず) オントロジーでは多重継承を回避するように構築されることが推奨 [1]されている点と関連すると考えられる。たとえば、Occurrent と Continuant に個別化したあと、それぞれを Independent と Dependent で個別化する場合を考えれば、DO における Dependent と DC における Dependent はそれぞれ異なる意味を表している可能性がある。IO や DC、DO に関する個所は、上位オントロジー間で意味の相違が生じている可能性がある。

4.3. SOWA について

Sowa は、今回の分析で用いた I-D 軸と、C-O 軸によるマトリックス(表 1)によって定義されており、IO や DO、IC や DC の関係を包括的に捉えている。一方で、Dependent が Relative として表現されていたり、Mediating といった独自の観点が導入されている点で、その他の上位オントロジーにおける Dependent とはカテゴリーの捉え方が異なる。上位オントロジー間のカテゴリーの対応関係を明確にするうえでは、Sowa の Relative や Mediating と Dependent との対応関係を検討することは重要な課題と指摘できる。

5. まとめと今後の課題

本研究では、有力な上位オントロジーにおいて支配的な位置を占める I-D 軸および C-O 軸に対する扱いの違いに着目して、それらを、C-O 軸優先型、I-D 軸優先型、両軸等価型の 3 タイプに分類した。次に、I-D 軸と C-O 軸の組み合わせで得られる 4 つのマトリックス要素からの分析により、C-O 軸優先型では Occurrent 要素の Independent と Dependent が区別されず、I-D 軸優先型では Dependent 要素の Independent と Dependent が区別されないことを示した。さらに Sowa のように多重継承が許容する方法が回避されがちとなる歴史的背景について議論した。

最後に、今後に向けた問題提起を行いたい。このマトリックス要素にもとづく分析によって存在というものを考えた場合に、直感的に理解しやすい対象は、日常生活で目にする中間レベルの Independent Continuant である。しかし、Dependent において Occurrent と Continuant を区別することは有意義なのかとか、Occurrent に対して Independent と Dependent の区別は妥当なものなのかといった残された疑問は容易には解消され難く思われる。つまり、この状況を打開するためには、やや異なる方向からのアプローチが求められる可能性がある。

参考文献

- [1] 溝口 理一郎: オントロジー工学, オーム社, (2005)
- [2] Mascardi V., Cordi V., and Rosso P.: A comparison of upper ontologies, In Proceedings of WOA (Workshop “From Objects to Agents”) 2007, pp. 55-64, (2007)
- [3] 倉田創: 現代存在論講義 I, 新曜社 (2017)
- [4] Arp R., Smith B. and Spaer D.A.: Building ontologies with basic formal ontology, The MIT Press (2015)
- [5] Gangemi. A., Guarino, N., Masolo, C., Oltramari, A. and Schneider, L.: Sweetening ontologies with DOLCE, In Proceedings of International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management, LNCS vol.2473, pp.166-181 (2002)
- [6] Mizoguchi, R.: YAMATO: Yet Another More Advanced Top-level Ontology, In Proceedings of the Sixth Australasian Ontology Workshop, pp. 1-15 (2010)
- [7] Sowa, J.: Top-level Categories: <http://www.jfSowa.com/ontology/>
- [8] Smith, B.: Against Fantology, Experience and Analysis, pp.153-170 (2005)
- [9] Grenon, P. and Smith B.: SNAP and SPAN: Towards dynamic spatial ontology, Spatial Cognition and Computation, vol.4, no.1, pp.69-103 (2004)
- [1 0] Johansson, I. (2000). Determinables as Universals. The Monist, 83(1), 101–121.