

解説

オントロジー構築のための実在論的方法論

A Realist Methodology for Constructing Ontology

加地 大介 埼玉大学教養学部
Daisuke Kachi Faculty of Liberal Arts, Saitama University
 kachi@post.saitama-u.ac.jp, <http://www.kyy.saitama-u.ac.jp/~kachi/>

Keywords: formal ontology, reference ontology, upper ontology, geospatial ontology, BFO

1. はじめに…B. スミスの実在論的オントロジー

哲学的存在論研究に基づきながら情報オントロジーに関して積極的に発言している B. スミス(Barry Smith) (およびその共同研究者たち(IFOMIS)) は、オントロジー構築のための方法論を、Ontek が採用したような実在論的・外在的方法論とグルーバー(T. Gruber)の定義による概念主義的・内在的方法論とに大別したうえで、自らが推奨する立場としての前者を、次の四つの特徴によってまとめている：[Smith 04]

- (1)実在論(Realism)：実在とその構成要素は、私たちの表象から独立に存在する。
- (2)可謬主義(Fallibilism)：私たちの理論と分類は修正を被り得る。
- (3)観点主義(Perspectivalism)：実在についての、同等に正当な複数の代替的観点が存在する。
- (4)十全主義(Adequatism)：すべての表象をそれに還元できるような一つの特権的観点は存在しない。

これらの特徴は、まったく独立というわけではなく、(3)と(4)は明らかに依存し合っているし、(3)は(1)によって制約を受ける。(3)で示される「複数の代替的観点の同等性」は、もしもそれだけだとしたら、むしろ概念主義・相対主義に近いものになってしまうので、「観点」があくまでも実在の制約のもとで代替可能なのであるということを保証するために、「諸観点」の形成自体が実在に即した形でなされないと考えねばならない。実際、スミスらは、「概念的オントロジー(conceptual ontology)」と対比させる形で、「ある観点から見られるところの、実在の中に存在する諸対象の目録」[Bittner 03b]として「参照オントロジー(reference ontology)」を定義したうえで、そうした諸観点の形成の基軸となる二つの理論的枠組みを用意している。それは、「SNAP-SPAN 理論」と「粒度(りゅうど)理論(granularity theory)」である。またこれらの理論は、「規約的対真正的(fiat vs. bona fide)」[存在論的依存性(ontological dependence)]「真理メーカー(truth maker)」などの哲学的概念に支えられている。そしてスミスらは、これらの道具立てに基づいて、BFO(Basic Formal Ontology)という上位オントロジーを提示している。本稿では、これらの理論や概念と BFO の適用例を概観・評価することにより、情報オントロジー構築における実在論的方法論の有効性と問題点について検討したい。*1

2. BFO の概要

2.1 SNAP-SPAN 理論

SNAP と SPAN という名称は、ちょうどスナップ写真で捉えられたような同時的世界のオントロジーとビデオ撮影で捉えられたような継時的世界のオントロジーを表している。*2 各 SNAP オントロジーが特定の時点

*1 ただし、本稿における「方法論」は、オントロジーの内容的部分にのみ関わるとどちらかといえば原理的なものである。オントロジー開発全般に及ぶ実践的方法論については、[溝口 05] (特に第五章)などを参照されたい。

*2 ただし、後述するように、動作としての「(誰かが)スナップショット(を撮る)」は、SPAN オントロジーの中の対象となる。

(instant)によって指標化されているのに対し、SPAN オントロジーは特定の期間(interval)によって指標化される。前者における主要な(具体的)対象(entity)は、「実体(もの)(substance)」「持続体(continuants)」など、後者における主要な対象は、「過程(process)」「生起体(occurents)」などである。連続的な複数の SNAP オントロジーの比較によって変化を捉えることはできるが、対象としての変化をオントロジーの中に組み入れるためには、SPAN オントロジーが必要となる。そして SPAN オントロジーの主要対象である生起体は、それ自身 SPAN 対象である時空(space-time)の中に位置し、時間・空間何れの次元にも沿った形で構造化される。

このように、SNAP と SPAN という形で各オントロジーを別々にモジュール化する理由は、まず第一に、いわゆる 3D vs. 4D という、ネット上で盛んに闘わされた論争に対して、三次元的対象も四次元的対象も何れも実在する、という強い実在論的な立場からの中立性を、こうしたオントロジーの形式によって明確に表明することである。^{*3} 第二に、両者の混同が存在論的混乱をもたらしやすいので、両者が(時間そのものを対象化するか否かという点で)まったく別々の観点から捉えられたところの実在対象の目録であり、一方の観点によるオントロジーの中には他方の観点による対象は現れないことを明示することである。そして最後に、SNAP と SPAN との間に比較的同性性を保った形で各カテゴリーを配分することにより、各カテゴリー間の関係を理解しやすくシンプルで提示できるという副次的効果もある。

§ 1 SNAP オントロジー

SNAP オントロジーは、図 1 に示すような主要カテゴリーによって構成されている：

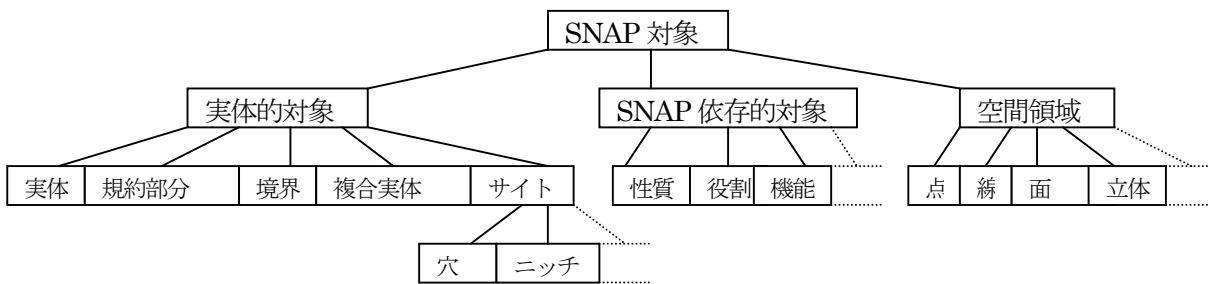


図 1 SNAP オントロジー

「空間領域(spatial region)」以外の SNAP 対象は、その存在のためにほかの非依存的な対象を必要としない「実体的対象(substantial entity)」と、必要とする「依存的対象(dependent entity)」とに分類される。それぞれに属する各カテゴリーの概要は以下のとおりである：

[実体的対象]

<実体(substances)>生物のような、まとまりをもつ極大的対象(物・者)がその典型例であり、それ以外に、細胞、岩、惑星などの自然物や、釘、プラスチック・バッグなどの一体成型の人工物も含まれる。「ほかの対象に依存しない」「属性と変化を担う持続体である」「空間的位置をもつ」などの性質によって特徴づけられるが、さらに、物理的(真正(bona fide))境界によってほかの実体から独立していることによる自己連結性もその要件とされる。したがって、(体内にある)臓器などの、物理的境界をもたない自然物の部分や、机などの、複数の部品から成る人工物は実体ではない。

<規約部分(fiat parts)>上半身と下半身、北半球と南半球など、物理的非連続性によってではなく、私たちの取り決めによって分けられる部分。実体は自己連結的なので、一つの実体中の部分はすべて規約的である。

<境界(boundaries)>空間的对象の下位次元の部分。三次元的対象の境界は表面という二次元的部分であり、二次元的対象の境界は、辺という一次元的対象となる。生物や物体の表面、海岸線などの真正境界と、上肺と下肺の境目、県境などの規約境界とに分類される。

<複合体(aggregates)>いくつかの個別の実体を部分としてもつような全体。非連結的な複数の境界をもつことによって、実体と区別される。家やロボットなどの人工物が典型であるが、日本列島や太陽系などの自然物もそ

^{*3} ただし、実際には、通常、四次元主義者は、実体などの三次元的対象を消去して出来事などの四次元的対象だけを存在者として認めようとする還元主義者であるので、両者の存在をともに認めてしまうのは、結果としてどちらかといえば三次元主義者に近い立場になる。一方、三次元主義者の中でも最も強硬な立場は、「時間的部分」という概念を正当な概念とは認めず、四次元的対象の存在も否定することになるので、下手をすると、三次元主義にも敵対しかねない。したがって、果たしてスミスらの立場が本当に中立的な立場と言えるのかどうかは実は微妙なところである(何れにも敵対する、というのも中立性の一つの形かもしれない)。

の一例となる。

<サイト(sites)>窪み、空洞、トンネルなどの穴や、生物の居住空間としてのニッチ、環境などであり、具体的には屋内、部屋の隅、滑走路、機内、コックピット内などがこれに当たる。これらは、(原則的には) 移動可能な持続性をもつという点で実体に近い性格をもち、空間領域とは区別される。また、空間領域に対しては、実体的対象が「位置する(located)」という関係をもつのにに対し、サイトに対しては、実体的対象は「占拠する(occupy)」という関係をもつ。前者においては、実体的対象と空間領域が重複(overlap)するのに対し、後者においては、実体的対象とサイトとが重複しないという相違がある。^{*4}

[SNAP 依存的対象]

SNAP 依存的対象とは、持続性をもち、かつ、実体的対象に「内在する(inhere)」ような対象である。内在性とは、特定の実体的対象に依存してその存在が保証されるという意味の存在論的概念であり、例えば、「性質」の実例としての、特定のリングの赤さ・特定の家の形・特定の石の硬さ、「機能」の実例としての、特定の電子レンジの諸機能などが、典型的な SNAP 依存的対象であることになる。このように、内在性とは、特定の個体(particular)と個体との間に成立する、個体的・特定の(specific)依存関係であることに注意されたい。

また、いま挙げた例は何れも単独の実体的対象に内在する依存的対象であったが、特定の生物の内臓器官の間の連結性や、特定の複数のモーター間の位置関係など、伝統的にはいわゆる(特定の)「関係」というカテゴリーでまとめられていたような対象も、複数の実体的対象に内在する依存的対象であるとされる。両者はそれぞれ、「単項的(monadic)SNAP 依存的対象」「多項的(polyadic)SNAP 依存的対象」と呼び分けられる。

[普遍 universals]

なお、ここまで見てきた「実体」「境界」「サイト」「性質」「機能」などは、ドメインに中立的な「形式的カテゴリー-formal category」であるが、さらにその下位には、ドメインに固有的な種々の「質料的普遍 material universal」の領域が存在する。それは、伝統的には、より上位区分に属するか下位区分に属するかによって、相対的にそれぞれ「類(genus)」「種(species)」と呼び分けられてきた存在者であり、粒度(granularity)の度合いに応じて様々な分類がなされることになる。^{*5} 例えば、生物医学のドメインでは、「細胞」という実体的普遍としての「類」と、その下位分類としての「錐体細胞(pyramidal cell)」「赤血球(red blood cell)」「平滑筋細胞(smooth muscle cell)」などの「種」が存在する。どのような形式的カテゴリーが実在するかを確定するのが「オントロジスト(Ontologist)」の課題であるのに対し、どのような質料的普遍が実在するかは、科学者(Scientist)によって確定される。

また、「普遍」は、「実体的対象」を実例化する「実体的普遍」と「依存的対象」を実例化する「依存的普遍」とに分けられる。前者の例はボール、惑星(実体)、洞窟、湾(サイト)、脚、丘(規約部分)、家族、山脈(複合実体)などであり、後者の例は色、赤、形、三角形(単項的)、親子関係、接触状態、配置関係(多項的)などである。一つ注意すべきは、実体的対象だけでなく、依存的対象も、普遍の実例としての個体であるということである。したがって、(空間領域を除く) SNAP 対象に関しては、全体図式として、表1のようなアリストテレス的「四カテゴリー存在論」が採用されていることになる：^{*6}

実体的対象(個体) (ex.太郎、太郎の右手、埼玉県境、田中家、秩父盆地)	SNAP 依存的対象(個体) (ex.太郎の容姿、太郎の右手の器用さ、埼玉県境の形、田中家の家風、秩父盆地の風土)
実体的普遍 (ex.人間、右手、県境、家族、盆地)	SNAP 依存的普遍 (ex.容姿、器用さ、形、家風、風土)

表1 四カテゴリー存在論

^{*4} 「サイト」は「場所(place)」よりも広い意味で用いられており(3節参照)、後述の「セッティング」と対応する特殊用語なので、あえて日本語化しなかった(特に後者が訳しにくい)。

^{*5} より一般化された意味での用語として「決定体(determinable)」「被決定体(determinate)」を用いることもある。

^{*6} ただし、この場合の「カテゴリー」は、実体、性質、能動、受動などのいわゆるアリストテレスの「10のカテゴリー」とは別である。SNAP 依存的個体は、哲学の世界では「トロープ(trope)」と呼ばれているものに対応する。

§ 2 SPAN オントロジー

SPAN オントロジーは、図2に示すような主要カテゴリーによって構成されている：

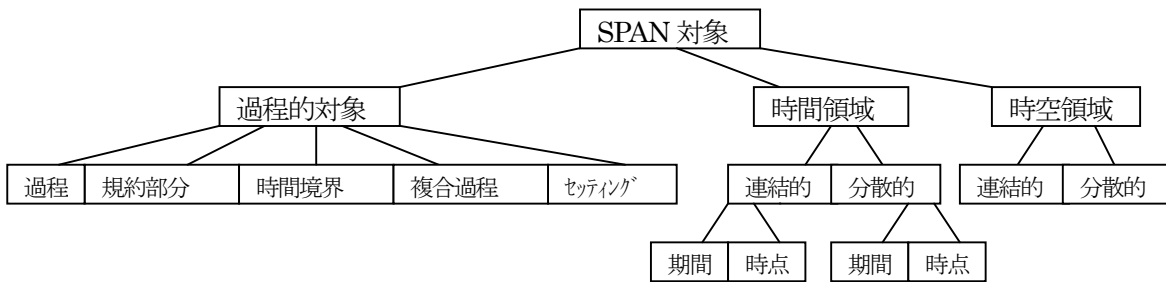


図2 SPAN オントロジー

「過程的対象(processual entity)」とは、生起することによって時間の中に存在する「生起体」「出来事(happening)」である。過程的対象には必ず何らかの SNAP 対象が参与(participate)しており、そうした参与体(participants)に依存している。また、領域として「時間領域(temporal region)」と四次元的な「時空領域(spatiotemporal region)」をもつ。^{*7}

注意すべきは、SNAP オントロジーでのインスタンスは瞬間的な「時点」によって取られるのに対し、SPAN オントロジーでのインスタンスは常に時間幅を伴う「期間」によって取られるということである。仮に SPAN オントロジーの時間幅をどんどん縮めていったとしても瞬間にはならないので、そこに見出されるのはやはり SPAN 対象である。時間幅が含まれていなければ、そこにあるのは SNAP 対象である（ただし、「時間境界」はもちろん例外である）。

したがって、「A 氏が B 氏を殴る」などの「動作」も「車が走行状態にある」などの「状態」も、それが時間幅を伴う出来事の一つとして捉えられている限り、SPAN 対象である。したがって、「時刻 t において A 氏が B 氏を殴っている。」という文も、厳密には、「時刻 t を含むある期間において A 氏が B 氏を殴っている。」という意味として解釈されるべきである。しかし、A 氏が B 氏を殴っている時間内や車の走行時間内のある瞬間のスナップ写真に現れるような、「殴っている状態」、車が「走っている状態」という形で用いられる「状態」の意味もある。しかしこれらは、殴るという動作過程のある瞬間に現れる、A 氏の身体の姿勢とか A 氏と B 氏の位置関係や、走行するという持続的状态にある車がある時点においてもっている諸性質や速度などの、ある時点における SNAP 依存的対象の総体をまとめて言い表す、一種の省略形と考えられる。その意味では、時間幅を伴う SPAN 対象としての本来の「状態」と、ある時点における SNAP 依存的対象の総体を表す一種の省略形としての「状態」という、二つの意味の「状態」があると考えられるべきであろう。^{*8}

過程的対象に属する各カテゴリーの概要は以下のとおりである：

<過程(processes)>過程は、ちょうど実体はその物理的境界によってほかの実体から独立していることによる自己連結性とその要件となっていたように、時空的境界による自己連結性を要件とする。したがって、過程に時間的あるいは空間的なギャップが含まれることはない。生物の一生、一つの講演などが、その典型例である。

<規約部分(fiat parts)>過程は自己連結的なので、何らかの過程の部分は、実体の場合と同様、すべて規約的である。未成年期と成年期、講演の導入部と本論などがその例となる。

<時間境界(temporal boundaries)>SNAP オントロジーにおける実体の空間境界に対応する、過程の瞬間的な時間境界。^{*9}これには、規約境界も真正境界も含まれる。その典型例は、講演の開始と終了、誕生日における加齢などである。

<複合過程(aggregates of processes)>野球の一試合での攻撃、一連の推論から成る論証などがその例である。

<セッティング(settings)>SNAP での「サイト」に対応する、SPAN での時空四次元的対象がセッティング（時

^{*7} ただし、前者は後者の特殊例と見なすことも可能である。

^{*8} 「動作」や「状態」に関するこうした問題点については、溝口理一郎教授からの指摘によって初めて自覚させられた。ここに示したのはあくまでも私個人の見解であって、スミスらがどう考えているのかは確認していない。

^{*9} 「イベント(event)」とも呼ばれるが、これは特殊用語としてであって、一般の「出来事」とは異なる。また、原理的には、「時間境界」以外に「時空境界」もあることになる。

空的環境)である。その例は、遠足のセッティングとしての旅程、ウィルス伝染のセッティングとしての感染経路などである。これらは、「いつ・どこで」の時空的広がりによって成立する一つの場のようなものとなっている。

*10

以上が過程的対象のカテゴリーであるが、これらの分類は常に一定の「粒度」と相対的に行われる。例えば、ある粒度のもとでは一つの過程として捉えられる一つの推論が、より細かな粒度のもとでは一連の複数の手続きとして捉えられ、複合過程であることになる。また、各過程どうしが、様々な形で関連しており、必ずしも明確な境界づけができない場合が多い。このように、その境界が実体のように一意的でないことが過程の一つの特徴であり、その意味で、SPAN オントロジーは相対性と流動性をその特性とするオントロジーだと言える。また、SPAN オントロジーにおいても、過程的対象については、SNAP オントロジーにおける実体的対象、依存的対象と同様、普遍と個体(タイプとトークン)の双方が存在する。

2.2 粒度理論

SNAP 対 SPAN という両観点もたらす相違が、実在の「見方」に即したオントロジーの「種類」の区別であるのに対し、どちらかと言えば実在の「レベル」に即した観点の区別が、「粒度」である。(これ以外に、実在の「領域」による観点の区別、すなわち、個々のドメイン・オントロジーに対応する観点の区別が加わり、計三つの軸によって諸観点が形成されることになる。) スミスらは、この観点に従って作られるオントロジーの各レベルを「粒化オントロジー(*granular ontology*)」と呼び、すべてのレベルでの分割結果の総体としての「粒分割(*granular partition*)」を規定する形式理論を提示している。この理論は、私たちが実在の細分的構造に照らして選択的に照準を合わせて認識するあり方を形式的に表現することを目的とするものである。例えば、人体は頭部・胴体・四肢に分かれるが、さらに肢部は右腕・左腕・右足・左足に分かれる。このような分割結果の総体が「分割(*partition*)」であり、それぞれの対象に対応する各分割項目が「セル(*cell*)」と呼ばれる。(集合論でいえば、「集合」と「要素」にそれぞれ対応する。)セルの多くは、私たちの規約境界によって定められるとはいえ、そのようなセルを構成要素とする分割は、実在の各粒度レベルにおいて、形式と機能の一定の制約のもとで形成されなければならない。重要なのは、分割の仕方が実在そのものの構造に何らかの影響を及ぼすことはない、ということである。それはあくまでも、どのレベルで実在を捉えるか、どのような網目を通して実在を見るか、という私たちの側での相違にすぎず、個々の網目としての各セルはいわば、実在に向けて開かれた「透明な窓」という性格をもっている。そして、実在の同じ部分において複数の粒度レベルに対応する複数の判断が同時に真となり得ると考える「真理メーカー」の理論に支えられた強力な実在論が、この粒度理論の哲学的背景となっている。例えば、「生物は原子の集まりである。」「生物は細胞の集まりである。」「生物は一つの実体である。」などの判断は何れも、それぞれ異なる粒度レベルに対応した真なる判断であるということになる。[Smith 03]

§ 1 粒分割理論

粒分割の形式理論の概要は、おおよそ次のとおりである：

<定義>粒分割とは、次の順序三項である： $GS = \langle (Z, \sqsubseteq), (\Delta, \leq), \pi \rangle$

ここで、「 (Z, \sqsubseteq) 」は、有限ツリーを形成する「 \sqsubseteq 」によって定義される部分順序関係をもつ「セル構造(*cell structure*)」であり、「 (Δ, \leq) 」は、通常の外延的メレオロジー(*General Extensional Mereology*)の公理を満たす部分順序関係が成立する「照準ドメイン(*target domain*)」である。また、写像「 $\pi : Z \rightarrow \Delta$ 」は、次のような条件を満たす Z から Δ への順序同型投射である：「すべての $z_1, z_2 \in Z$ と $o_1 (= \pi z_1), o_2 (= \pi z_2) \in \Delta$ について、 $z_1 \sqsubseteq z_2 \Leftrightarrow (\pi z_1) \leq (\pi z_2)$ 。」 「 (Z, \sqsubseteq) 」は、照準ドメインとなっている実在領域の構造のうち、当該の文脈に関連する対象に対応する部分だけを抜き出して形成される構造だと考えられるので、三項のうち、実質的にはこれのみに着目すればよいことになる。(これに従い、以下では、粒分割を「 (Z, \sqsubseteq) 」のみによって表記することにする。また、往々にして「粒分割」を単に「分割」と略称する。)それを構成している各セルには、それに対応する実在対象を表すラベルが付けられる。

*10 この「セッティング」については、「サイト」とは異なり、移動可能かどうかという基準によって領域と区別することができないので、やや不明瞭なところがある。つまり、単なる時空領域とセッティングとをどのように区別するのかが、若干曖昧である。ただスミスは、この「セッティング」という用語を、時間軸も含んだ環境的状况における主体行動の場としての「*physical-behavioral units*」を表す、環境科学上の重要なキー・タームとして積極的に活用しようとしている。より詳しくは、[Smith 01]を参照されたい。

$GS=(Z_{GS}, \subseteq)$ がある分割、 GS をそれに対応するツリー図だとしよう。すると、 GS における「粒度レベル(level of granularity)」 δ_{GS} とは、次のように再帰的に定義される、ツリー構造内の「カット(cut)」「断面」のことである：(1) X が GS の「ルート(root)」「根」であるならば、 $\{X\}$ はカットである。(2)「sons(a)」が a の直下の対象から成る集合を表すとすると、sons(X)はカットである。(3) C がカットであり、 $v \in C$ がsons(v) $\neq \emptyset$ であるならば、 $C'=(C-\{v\}) \cup \text{sons}(v)$ はカットである。この定義によって、次が保証される：(i)ある粒度レベルを構成する各要素は、互いに排他的(disjoint)である。すなわち、 $\neg \exists v_1, v_2 \in C (v_1 \subset v_2 \vee v_2 \subset v_1)$ 。(ii)何れの粒度レベルも、次の意味において包括的(exhaustive)である： $\forall v \in Z_{GS} (\neg(v \in C) \rightarrow \exists v' \in C (v \subseteq v' \vee v' \subseteq v))$ 。また、あるツリー上のカット C, C' の間の部分順序関係「 \ll 」は次のように定義される：

<定義> $C \ll C' \equiv_{df} \forall y \in C' \exists x \in C (x \subseteq y)$

§ 2 粒化オントロジー

そして最後に、「粒化オントロジー」は、次のように定義される：

<定義> 粒化オントロジー \equiv_{df} ある粒分割において同一のレベルに属しているすべての実在対象の目録

例として、図3のようなツリー構造によって表される人体の分割について見てみよう。

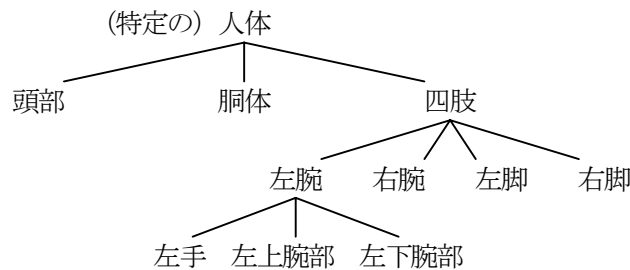


図3 人体の分割

この場合の粒度レベル(つまりカット)は、次の四つであり、その各々が、この分割によって得られる粒化オントロジーである：

- t_0 {人体}
- t_1 {頭部、胴体、四肢}
- t_2 {頭部、胴体、左腕、右腕、左脚、右脚}
- t_3 {頭部、胴体、右腕、左脚、右脚、左手、左上腕部、左下腕部}

このように、各段階で必ずしもすべてのセルが均等に粒化される必要はなく、必要に応じてより粒化されるべきセルが選択されることに注意されたい。また、定義上、ある粒化オントロジーの中にある対象は、当該のオントロジーにおいて認識されるような「部分」をもたないことになる。それはちょうど、SPANオントロジーにおいては実体的対象が認識されないのと同様である。粒化オントロジーは、いわばそのレベルに応じた「相対的原子(relative atoms)」と呼べる対象から成っているオントロジーだと言える。

2.3 横断オントロジー

横断オントロジー(Trans-Ontology)とは、これまで見たような、時点によって指標化されている各SNAPオントロジー、期間によって指標化されている各SPANオントロジー、レベルによって指標化されている各粒化オントロジーという、異種の各オントロジーや同種の異なる指標の各オントロジーに属する、それぞれの対象を関係づけるためのオントロジーである。^{*11}したがって、横断オントロジーの例としては、「SNAP-SNAP横断オントロジー」「SNAP-SPAN横断オントロジー」「SPAN-SPAN横断オントロジー」「粒度レベル横断オントロジー」

^{*11} したがって、オントロジー自体どうしの関係としての「メタ・オントロジー的関係」とは異なることに注意されたい。

などがあり、異なるオントロジー内の諸対象が混合して関係項となるような種々の関係が、横断オントロジー内の対象となる。その一部を例として挙げると、次のようなものがある：

＜SNAP-SNAP 横断オントロジー＞

単独の SNAP オントロジーが、実在のスナップショットに当たるとすれば、連続的な複数の SNAP オントロジーは、スライドショーのようなものと考えられる。すると、各 SNAP オントロジーの比較によって、性質の変化、場所の変化、実体の発生と消滅などの種々の「変化」が見出される。ただ注意すべきは、この場合の「変化」は、あくまでもオントロジー横断的な一つの構造・パターンとして現れるのであり、SPAN オントロジー内におけるように、独立の対象としてではない、ということである。また、ある実体がほかの実体から生ずる場合の両者の関係としての「生成同一性(genidentity)」も、このような変化の一種と考え得る。

＜SNAP-SPAN 横断オントロジー＞

各 SNAP 対象は、その「歴史」「生涯」と呼び得る唯一の SPAN 対象をもっている。したがって、ここでは SNAP オントロジー内の各対象から SPAN オントロジー内への一種の関数的関係（「SPAN 対象 y が SNAP 対象 x の歴史・生涯である」）が成立していると解釈できる。他の SNAP-SPAN 横断的な関係としては、「(SNAP 対象が SPAN 対象に) 参与する」「(SNAP 対象が SPAN 対象を) 開始する」「(SNAP 対象が SPAN 対象を) 妨害する」などがある。

＜粒度レベル横断オントロジー＞

粒度レベル横断的な関係としては、ある粒度レベル内の対象が他のレベル内の対象に「含まれる」「隣り合う」「重なり合う」などのメレオロジー的、トポロジー的關係の他、「変形する」「成長する」「拡大する」「縮小する」などの、サイズの変化を伴う時間的關係などが挙げられる。

3. BFO の適用例…地理空間オントロジー

スミスらがこれまで BFO を応用してきた主な領域としては、「生物医学オントロジー(Biomedical Ontology)」と「地理空間オントロジー(Geospatial Ontology)」が挙げられる。本稿では、後者の一例をかいつままで紹介する。^{*12} スミスらは、GIS 研究の文脈での既存の「地理オントロジー(Geographical ontology)」が、BFO で言うところの SNAP オントロジーに偏った静的オントロジーを中心として展開していることを批判的に捉え、SPAN オントロジーも含んだ「動的空間オントロジー(Dynamic Spatial Ontology)」に即した地理オントロジー-GeO を提案している。GeO は、SNAP における「空間領域」、SPAN における「時間領域」「時空領域」という三種の領域それぞれに対応して地理オントロジー的に限定された「地理領域(georegion)」を基盤として、それぞれ「物(object)」と「場(field)」という二種の「SNAP 地理対象(geographical entity)」から成る「SNAP 地理オブジェクトオントロジー」「SNAP 地理フィールドオントロジー」と、「過程」という「SPAN 地理対象」から成る「SNAP 地理プロセスオントロジー」という、計三種の対象オントロジーがその上に構築される、次のような構造をもっている：

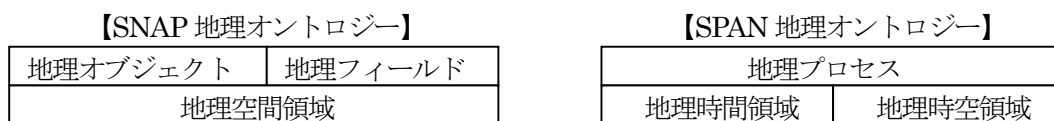


図4 地理オントロジー

それぞれの概要を以下に記す：

[地理領域]

「地理空間領域」は、地球の諸部分がその上またはその中に位置しているか、地球の大気中の諸部分はその表面の上またはその近くに位置しているような、空間領域である。「y は実体 x の (最大の) 表面である」は一種の関数的関係として捉え得るので、地球に存在論的に (個体的に) 依存した SNAP 実体的対象として、対象としての地球表面 surface(earth)を定義したうえで、地球表面の諸部分の空間的位置としての各表面地理空間領域が定義

^{*12} 前者については、IFOMIS Reports(<http://www.ifomis.uni-saarland.de/Research/>), [Grenon 04b]などを参照されたい。

される。また、「地理時間領域」は、地球と当該対象とが共有する時間領域として、「地理時空領域」は、地球という SNAP 対象に依存する SPAN 対象としての life(earth)を用いて、定義される。そしてこれらの各地理領域の定義に基づき、「SNAP 地理対象」「SPAN 地理対象」が公理によって性格づけられる。

[SNAP 地理オブジェクトオントロジー]

<地理的境域 (Geographical Features)>丘、山、湖、川などの地理規模の地学的境域の他、種々の規約区画によって規定される、国家、州、行政区、学区などの（比較的大規模の）境域もこれに含まれる。

<地理的人工物(Geographical Artifacts)>建物、道、橋、貯水池、市街などの実体的対象。

<地理的主体(Geographical Agents)>政府や行政機関としての都府県市町村などの他、軍隊、動物の群体などの地理規模の移動可能な主体がこれに当たる。

<地理的场所(Geographical Places)>いわゆる「地名」によって表されるようなサイトを「場所」と呼ぶ。東京都、港区、銀座、銀座三丁目などの場所の他、秋芳洞、足利鉦坑、春暁ガス田などの三次元的な意味での場所も含まれる。（したがって、例えば「ロンドン」には人工物としてのロンドン市街、行政機関としてのロンドン行政政府、場所としてのロンドンという三種類の意味があることになる。）

<境界と地理領域>地理的実体的対象の境界にも、行政区の境界のような規約境界と島の境界のような真正境界とがある。

<地理的性質>地理的実体的対象が地理規模においてもっている性質。例えば、山頂という境域の標高とか、軍隊という主体の速度などが含まれる。

[SNAP 地理フィールドオントロジー]

SNAP 地理フィールドとは、それが空間的に占めている地理空間領域に位置する、あるいはその地理空間領域によって定義される、持続的对象であり、ある地域における気温、人口密度、緑化率などがそれに当たる。

SNAP フィールドオントロジーは、ただ一つの基礎的地理空間領域とそれに関連づけられた諸属性の配置のみに着目するので、当該領域の種々の SNAP 対象は、ある実体とその部分として均一化するところに特徴がある。同一の空間領域に対してフィールドオントロジーとオブジェクトオントロジーを適用することが可能なので、種々の横断オントロジー的関係が存在することになる。

[SPAN 地理プロセスオントロジー]

SPAN 地理対象における主要な分類は、当の対象が含む参与体の種類にしたがって行われる。爆発、洪水、山火事などの「物理プロセス」の参与体もつばら物理的オブジェクトであるのに対し、人口推移、流行、戦争などの「社会プロセス」は、人間の複合体を含んでいる。

また、SPAN 地理対象の一つである「地理的变化(geographical changes)」の種類としては、ある地理オブジェクトが発生したり消滅したりすることによる「実体的変化(substantial changes)」の他、地理的サイトの移動や変形による「サイトの変化(changes of sites)」、各地理オブジェクトの「性質的变化(qualitative changes)」「構造的変化(structural changes)」「形態的变化(morphological changes)」などがある。さらに、気候の季節変動など、おおむね規則的に起こる変化としての「パターン」も重要な地理的变化の一種である。

4. BFO の特徴…DOLCE との比較

BFO は、EU-IST プロジェクトとしての「Wonder Web プロジェクト：セマンティック Web のためのオントロジー・インフラストラクチャー」における「基礎オントロジー・ライブラリー(Foundational Ontologies Library)」に属するモジュールの一つとして位置づけられている。現在のところ、BFO の他に、N. グアリーノ(N. Guarino)らによる DOLCE(Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering)上位オントロジー、L. シュナイダー (L. Schneider)による OCHRE(the Object-Centered High-Level Reference)という二つのモジュールが存在するが、ここではDOLCE上位オントロジーと比較しながらBFOの特徴について検討する。

*13

*13 DOLCE を初めとする種々の上位オントロジーについては、[Masolo 03][武田 04]などを参照されたい。

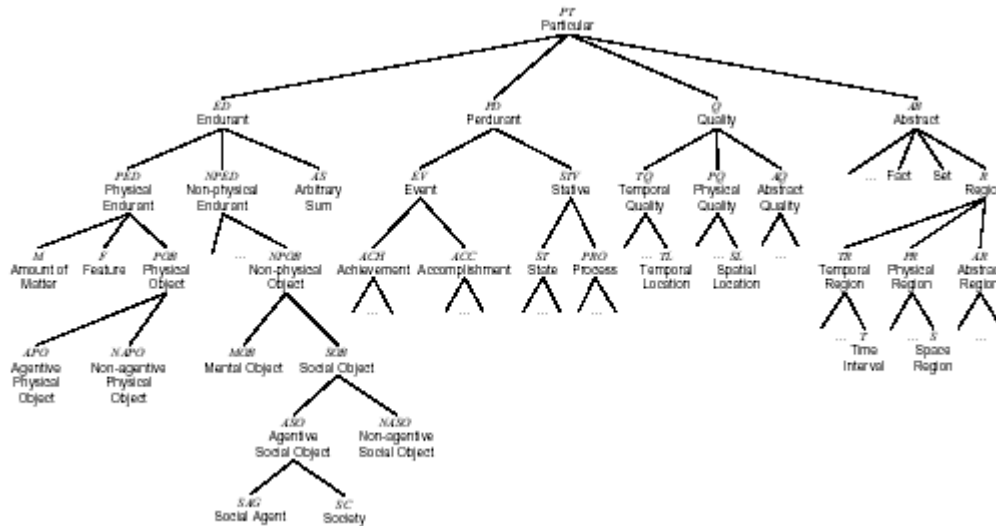


図5 DOLCE 上位オントロジー[Masolo 03]

両者は、実装可能性を念頭に置きながらもいったんそれを棚上げした厳密な公理化によって対象領域の形式的構造を記述する基礎オントロジー（いわゆる **heavy-weight** オントロジー）を重視するという基本姿勢において一致しており、多くの点で共通性をもっている。主な類似性を列挙すると、以下のとおりである：

- (1) OCHRE と異なり、DOLCE も BFO も普遍を存在者として認めているが、表面上は個体のオントロジーという形式を採り、普遍はその個体を実例化するものとして背後に想定されている。
- (2) Cyc, ソワ(J. Sowa)などの上位オントロジーと異なり、多重継承は含まない。
- (3) OCHRE, ソワなどの「修正的(revisionary)」上位オントロジーと異なり、アリストテレス的な伝統的・常識的存在論を基調とする「記述的(descriptive)」オントロジーである。
- (4) 形式的記述において、メレオロジー(mereology)を重視している。
- (5) 「持続体 (SNAP 対象)」 「生起体 (SPAN 対象)」 「性質」などの主要カテゴリーや「依存性」「内在性」「参与性」などの基本関係の多くを共有している。

しかし一方、次のような相違点も見られる：

- (1) DOLCE は単一モジュール型のカテゴリー体系であるのに対し、BFO は、SNAP・SPAN という二つのモジュールを中心とする複数モジュール型のカテゴリー体系である。
- (2) DOLCE では、空間的・時間的位置を「性質(quality)」の一種としたうえで、その「性質値(qualia)」として、抽象的对象の一種としての空間的・時間的「領域」を対応させているが、BFO では、空間も時間も実体的対象や過程的对象を収容する (具体的) 「領域」 として位置づけている。
- (3) DOLCE は集合、事実、命題などの抽象的個体をカテゴリーとして含んでいるのに対し、BFO は含んでいない。
- (4) DOLCE は様相オペレータを含んだ公理化を行っているが、BFO における公理化はそれを含んでいない。
- (5) DOLCE では、「社会的対象」を「非物理的对象」の中の一つとして独立のカテゴリーとするが、BFO では、必要な場合、同一カテゴリーの中で fiat と bona-fide という区別を行う。
- (6) DOLCE では、銅像と銅塊の関係のように、構成(constitution)という存在論的關係による共在性(co-location)、すなわち、(同一粒度レベルでの) 同一空間領域における異なる複数の (実在的) 対象の存在を許容するのに対し、BFO は、許容しない。BFO では、銅像と銅塊は、fiat (規約的) と bona fide (真正的) や SNAP と SPAN の区別を基本としながら時間的推移に配慮することによって区別される。

各相違点に即しながら両者を比較評価してみると、おおよそ次のようなことが言えそうである。

(1)(2) : 比較的同性性を保った形で SNAP と SPAN という各観点別に各カテゴリーが整理されていることによって、全体として、BFOの方がシンプルで理解しやすい上位オントロジーとなっているように思われる。また、哲学的な洞察の深さとそれに支えられた安定感という点においても、BFOに一日?の長があるだろう。特に、DOLCEにおいては時間・空間が性質の一種として位置づけられていることは、少なくとも哲学的観点からするとかなり異様である。おそらくこうした判断は、機械処理上の好便さを優先したことによるのであろう。実際、機械可読性という観点からすると、BFOでは、各オントロジーとそれらを元にした横断オントロジーという二段構えを採っていることが結果的に機械処理上の複雑さをもたらす可能性があり、その点でも DOLCEの方が有利かもしれない。

(3) : DOLCEが、その名称からもわかるように、どちらかといえば言語工学・認知工学的応用場面を念頭に置いているのに対し、BFOでは生物医学・地理空間的場面での応用が想定されていることが、こうした相違をもたらす一つの要因だろう。そしてその背後には、オントロジー構築に当たって、内在的・概念的方法論をとるか、外在的・実在論的方法論をとるかという方法論上の相違がある。DOLCEは、前者の中でも比較的后者に近い側面ももつ、バランスの取れた方法論を採用しているとはいえ、例えば、持続体と生起体の二つのカテゴリーを認めるのは、決して存在論的判断ではなく、認知論的観点からの結果だと説明している。[Masolo 03]また、BFOでは、例えば集合のような抽象的個体は、必ずしも実在の側の対象としてではなく、実在の一種の代替物として用いられる私たちの認識ツールとしても考え得るため、参照オントロジーの中の項目としては、いまのところ含まれていない。

スミスらが、「参照オントロジー」という枠組みのもとで、オントロジーの中の対象としてはあくまでも実在するもののみ (fiat な対象は除いて) に限定しようとする理由としては、まず第一に、彼らは、「オントロジー」を、現代の物理学や化学、生物学などの自然科学の形式的基盤としてそれらと協働し得る、一つの現代科学として展開しようとしているということがある。スミスは、オントロジーを「拡張された化学」だと形容している。[Smith 04]後述するように、オントロジーをそのような実在論的態度で構築していくことが、情報工学・知識工学的な観点からも究極的には有効だと彼らは考えている。

さらに、いわゆる「概念的オントロジー」という図式のもとで多用される「概念」の意味が、時によって言葉そのものであったり、言葉の意味だったり、私たちの心的表象だったり、概念の表示対象だったり、あまりに多義的であることが存在論上・情報論上の混乱をもたらしやすい、ということを彼らは非常に危惧している。(ちなみにスミスは、『私は「概念」という言葉に「言及」することはあっても決してそれを「使用」しない。』と公言している。)

(4)~(6) : これらの相違点は、関連し合っている。DOLCEはその方法論OntoCleanにおいて、その実例がすべての可能世界において所有していなければならない本質的性質を特徴づけるための概念としての「固定性 (rigidity)」をその根幹に置いている。したがって、それを支える論理は、必然性や可能性を表す様相オペレーターを含んだ様相論理とならざるを得ない。そして、銅塊が銅像を構成するという基本関係も、そうした様相概念を含んで規定される同一性条件の相違によって初めて規定し得るのである。これに対し、BFOでは、社会的存在者であるか実在的存在者であるかという相違を、諸カテゴリーに共有される根本的な存在論的相違として認定することにより、両者の区別を行う。例えば、先ほど示したように、銅像と銅塊のように、「実体」のなかにも fiat と bona fide の区別があるのと同様、「境界」にも規約境界と真正境界の区別がある。「性質」や「過程」などのカテゴリーの中でも同様の区別が成されることになる。

また、「依存性 (dependence)」という本来は様相を含んだ概念についても、DOLCEでは様相オペレーターを用いて定義されるのに対し、BFOでは未定義語として導入される。例えば、DOLCEでは、定常的な特定の依存関係を表す $SD(x, y)$ は、「 x が時点 t において存在する」を表す $PRE(x, t)$ と必然性オペレーター \square を用いて次のように定義される： $SD(x, y) \equiv df \square (\exists t (PRE(x, t)) \wedge \forall t (PRE(x, t) \rightarrow PRE(y, t)))$ 。これに対し、BFOでは、 SD がほかの述語を用いて定義されることはない。また、銅像と銅塊の区別についても、DOLCEでは、例えば銅像の指が折れるとか、銅像がつぶされるなどの出来事によって同一性に関する両者の相違が現実世界で生じなくても、そのようなことが起こっている可能世界での相違を用いて両者を区別することができる。したがって、両者を何れも実在の対象と考えたとしても、こうした SNAP 対象の様相的性質の相違によって、SNAP オントロジー内で両者を区別することが可能である。これに対し、BFO では、少なくとも現時点での形式化の方法では、可能世界を用いたそうした区別ができないので、SNAP オントロジー内にとどまる限りでは、fiat と bona fide の区別をほかの概念に還元不可能な根本的区別としよううえで、銅像が fiat で銅塊が bona fide だという相違によって両者を区別するよりほかはない、ということになる。

5. おわりに

オントロジーへの哲学的アプローチと情報工学的アプローチは、哲学的深さと実装可能性、哲学的慎重さと開発効率性など、いくつかの点でトレード・オフの関係が生じてしまう面がある。また、実在論的アプローチについても、生物医学・地理空間などの自然的対象を主とする領域はともかく、我々の使用目的に依存する度合いが大きい人工物を主とする領域においてどれほど有効であるかは議論の余地がある。

しかし、オントロジーの一つの重要な役割が、異なる概念化間の橋渡しにあるとすれば、仮に哲学的配慮によって開発効率が落ちるとしても、それがもたらし得る安定性は、長期的観点からすれば補って余りあるかもしれない（この点は、上位オントロジーのように最も基盤的なオントロジーにおいて特に重要だろう）。また、概念化間の橋渡しをまた別の概念化によって行うよりも、実在にその機能を果たさせた方が、その中立性・客観性において有利であろう。実在をモデルにすることによって、矛盾が自ずから回避されやすいというメリットもある。

さらに、仮にオントロジーへの概念的・内在的アプローチを保持するにしても、「良き概念化」を求めざるを得ないことには変わりはない。そして、良き概念化の重要な基準の一つが、実在への透明性、すなわち、その概念化によって実在の姿が歪められることがない、ということだとすれば、結果的に実在への配慮を行わざるを得ないだろう。

これらの点で、バーナーズ・リーが、セマンティック Web の目標を「real life を表現することだ」と述べているのは、極めて象徴的である。[Berners-Lee 98] スミスが述べるとおり、哲学的・実在論的アプローチを採用することは、ひょっとしたら、単に理論的観点からのみならず、まさに「実用的戦略」として優れているかもしれないのである。[Smith 04]

謝辞：本稿の執筆に当たり、溝口理一郎教授、バリー・スミス教授のお二人から大変有益なご示唆を多数頂いたことに感謝いたします。（とはいえ、もちろん執筆内容に関する責任は筆者一人のものです。）

◇ 参考文献 ◇

- [Berners-Lee 98] Berners-Lee, T. : What the Semantic Web can Represent, <http://www.w3.org/DesignIssues/RDFnot.html> (1998)
- [Bittner 03a] Bittner, T., Smith, B. : A Theory of Granular Partitions, *Foundations of Geographic Information Science*, Duckham, M., Goodchild, M. F., Worboys, M. F., eds., pp.117-151, Taylor & Francis (2003)
- [Bittner 03b] Bittner, T., Smith, B. : Granular Spatio-Temporal Ontologies, *Foundations and Applications of Spatio-Temporal Reasoning (FASTR)*, pp.12-17, The AAAI Press (2003)
- [Grenon 04a] Grenon, P., Smith, B. : SNAP and SPAN: Towards Dynamic Spatial Ontology, *Spatial Cognition and Computation*, Vol. 4 No. 1, pp. 69-104 (2004)
- [Grenon 04b] Grenon, P., Smith, B., Goldberg, L. : Biodynamic Ontology: Applying BFO in the Biomedical Domain, *Ontologies in Medicine*, Pisanelli, D. M., ed., pp.21-38, IOS Press (2004)
- [Guarino 00] Guarino, N., Welty, C. : Towards a Methodology for Ontology based Model Engineering, *Proceedings of the ECOOP-2000 Workshop on Model Engineering* (2000)
- [Masolo 03] Masolo, C., Borgo, S., Gangemi, A., Guarino, N., Oltramari, A. : Wonder Web Deliverable D18, <http://wonderweb.semanticweb.org/deliverables/D18.shtml> (2003)
- [溝口 05] 溝口理一郎：オントロジー工学，オーム社（2005）
- [Smith 01] Smith, B. : Objects and Their Environments: From Aristotle to Ecological Ontology, *The Life and Motion of Socio-Economic Units* (GISDATA 8), Frank, A., Raper J., Cheylan, J., eds., pp.79-97, Taylor and Francis (2001)
- [Smith 03] Smith, B., Brogaard, B. : A Unified Theory of Truth and Reference, *Logique et Analyse*, Vol. 43 No. 169-170, pp. 49-93 (2003)
- [Smith 04] Smith, B. : Ontology, *The Blackwell Guide to the Philosophy of Computing and Information*, Floridi, L., ed., pp. 155-166, Blackwell (2004)
- [武田 04] 武田英明：上位オントロジー，人工知能学会誌, Vol. 19, No. 2, pp.172-178 (2004)

2005年6月7日 受理

——著者紹介——

加地 大介（正会員）

1960 年生まれ。東京大学教養学部（科学史科学哲学分科）卒業。東京大学大学院人文科学研究科博士課程（哲学専攻）単位取得退学。現在、埼玉大学教養学部教養学科教授。著書『なぜ私たちは過去へ行けないのか…ほんとうの哲学入門』（2003 年，哲学書房），論文 'Tensed Ontology based on Simple Partial Logic'（2002 年，*Proceedings of TIME-02*, IEEE Computer Society）など。分析形而上学・形式存在論・哲学的論理学などを主な研究領域とするが，それらに基づく情報工学的応用研究にも興味をもっている。現在，日本科学哲学会編集委員，科学基礎論学会評議員・編集委員。