

特集 「人文科学と AI」

# 哲学と AI

## —形而上学とオントロジー工学の相互作用—

### Philosophy and AI

#### — Interaction between Metaphysics and Ontology Engineering —

溝口 理一郎  
Riichiro Mizoguchi

北陸先端科学技術大学院大学サービスサイエンス研究センター  
Research Center for Service Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology.  
<http://www.jaist.ac.jp/ks/portfolio/mizoguchi/>

**Keywords:** philosophy, metaphysics, AI, ontology, ontology engineering.

### 1. はじめに

工学は「使われてなんぼ」の世界、すなわち有用性に最大の価値がある。一方、哲学は「(根本的な)疑問をもってなんぼ」の世界であり、ひたすら問い続ける。両者の相違は深く、それは動かしようのない事実である。しかし、工学といえども有用な成果物を得るためにさまざまな工夫がなされるわけであり、工夫に時間をかければかけるほど有用な成果が生まれると期待される。工夫をするには問題を深く理解することが必要である。特に、良く「工夫された」解や方法は「広い適用範囲」や「製品寿命が長い」などの高い有用性をもつ。したがって、工学は有用性が一番大切といってみても、工夫するために考えることに時間を費やすことはむだとは考えられてはいない。すなわち、*ad hoc* でその場限りの有用性が珍重されることはない。しかし、そうはいつでも、工夫に使えるコスト（時間+費用）は限られているのが現実である。

哲学は、物事を深く考えて、対象を最も抽象化したレベルで「わかる」ことに貢献する。哲学が有用かといえれば多少“？”が付く人々にとっても、哲学的「思考」の有用性は理解していただきたい。それが本稿の趣旨である。工学が哲学から得るものと工学的思考が哲学に貢献するものの両方を論じたい。

哲学と AI の交流といえば、ドレイファスの AI 批判に始まる「AI は実現可能か？」とか「AI に意識がもてるか？」というような抽象度の高い根本問題での論争を思い出す。しかし、本稿ではその種の話には触れないことにする。AI はお腹がすくか？ すなわち生物としての欲求の問題として、AI は心の痛みをもつか？ AI は人を好きになるか？ などの問題は、そもそもそのような機能は AI にもたせるべきかどうかも含めて興味深い話題ではあるが、ここでは論じない。

本解説の構成は以下のとおりである。2 章において哲学と AI の基本的な立場の相違を比較した後、3 章で形而上学を概観し、4 章では哲学における特徴的な議論を紹介する。5 章では形而上学からオントロジー工学への貢献、そして 6 章ではオントロジー工学から形而上学への貢献を紹介し、7 章で両者の相互作用を総括する。

### 2. 知識、オントロジー、モデリング

知識は本来的に、存在するものに関する知識であるので、知識を深くわかるためにはそれが対象としている存在をわかることが大きく貢献する。存在論は哲学の一分野に過ぎないが、*Metaphysics*（形而上学）と呼ばれる哲学の本流の一つは存在論の中核であるので、ここでは存在論に限定して AI との関係について論じる。蛇足かもしれないが、哲学の英語訳は *Philosophy* であり、形而上学は *Metaphysics* であり、後者は前者の一分野である。

さて、上述のような思想上の課題はさておいて AI の技術上の課題としては、推論、学習、そしてモデリングがある。おおざっぱに言えば、学習で知識を得て、解きたい問題のモデルをつくって、推論を使って問題を解くという具合である。ここでは哲学と関係の深いモデリングに焦点を絞ることにする。問題のモデリングは対象の理解から始まる。解くべき問題はそれが存在する対象世界としてのドメインに深く依存するからである。理解するには対象ドメインの成り立ちから総合的に理解する必要がある。

とかく人は、特に工学者は問題を与えられると、それをすぐに解きたがるという悪い傾向がある。速さが要求されるからであるが、その結果 *ad hoc* な解を見つけて、それがすぐに駄目になってまた次の *ad hoc* な解を見つけないという繰返しに陥る。このサイクルを止めるには勇気があるが、少数の勇気ある（時間もある）人だけが、

問題の理解から深く掘り下げて考察を重ねる。その考察は深くなり、必然的にオントロジーへと導かれる。問題の理解には、その領域と関連する物事の理解が必要になり、そのような対象理解には物事の本質を極めることになるからである。

通常、オントロジーは内容指向の AI 研究の代表として理解されており、形式的な理論研究と対比されてきた。そこでいう「内容」は、例えば花瓶とは何かということを考えて、花瓶を形づくっている材料としての粘土(陶器)や銅などの質料と、花瓶がもつ形状(形式、あるいは形相)に分けることができる。オントロジー工学が「内容」の問題を一般的に議論するためには、ドメインに依存する質料ではなく、それらの相違を捨象した形相に着目した議論を行う必要があるが、それに対応して、ドメインに依存しない存在物の形式的な構造を対象にした上位オントロジーと、おのおののドメインの固有性を反映した存在物の構造を対象にしたドメインオントロジーに分かれる。この分類は AI から見たオントロジーの分類のように見えるが、実は哲学のオントロジーの分類と一致している。というか、哲学のオントロジーは上位オントロジーのみを指す [岡田 02]。

### 3. 形而上学の概要

形而上学 [Lowe 98, 鈴木 14] は世界の基本的な成り立ちに関する考察を行う学問であり、主な研究主題は、identity と Persistence (持続性)、普遍者 (Universals) と個物 (Particulars)、時間と空間、因果性、依存性など多岐にわたる。それは AI で理解されているオントロジーの親玉のようなものといえる。ある意味哲学的存在論(オントロジー)と同じ意味で使われていた時期もあった。本章では形而上学で問われている問題のいくつかをピックアップしてみる。

#### 3.1 Identity

物の identity とは何か? 机の上のトマトが 1 分後も 10 分後も同じトマトであるというのはどういうことか? これは Persistence の問題としても議論される。Identity には Synchronic identity と Diachronic identity の 2 種類の identity がある。前者の典型例は宵の明星と明けの明星が同じ金星であるというものであり、同じ時刻における二つの物の同一性を指し、後者は一つの物の異なる時間における同一性を指す。どちらかという、変化に深く関連する後者の identity がより熱心に議論されてきた。

Identity はどのようにして失われるのか? すべてのもの、特に生物は時々刻々変化している。よく知られているように、人体を構成する細胞は半年もすればすべて入れ替わるほどの変化である。しかし、人体を構成している全細胞が入れ替わったとしても人はその人のま

まで identity は保存される。そもそも、変化とは何か、identity はどのような変化の影響を受けるのか? 以上は Object に関する identity の話であるが、行為や現象などの時間空間上の生起物 (Occurrent) は変化そのものである。この問題は哲学上の大問題であるが、ここで興味深い観点を指摘しておく。人が変化を問うことができるということは、identity の存在問題は解決されているのである。時刻  $t_1$  から  $t_2$  の間の変化を問うには、変化しているかないかの議論の対象が同一でなくてはならない。 $t_1$  のときの太郎の身長は、 $t_2$  のときの次郎の身長と比較しても意味がないし、 $t_2$  のときの太郎の胴回りと比較しても意味がない。比較対象が同一でなければそれは相違であって変化ではない。すなわち、変化を議論できるということは議論の対象が  $t_1$  から  $t_2$  まで identity を維持して存在していることを受け入れていることになる。具体的には、机のトマトの色が緑から赤に変化したとき、同一であることを初めから仮定しているので、緑のトマトと赤のトマトは同一かという問いは意味をなさない。

そもそも、ある「もの」を他と区別して同定できるということも神秘である。それを説明する原理として Unity という考えがある。あるものを一つの全体物たらしめること、その理由として、それを構成するすべての部分がある Unity condition (統一性条件) を満たしているからというものである。そのようなものは Object と呼ばれる。Unity condition をもっていないものも存在する。金の指輪を例にすると、指輪自体は金の塊が指輪の形を形成しているという条件のもとで指輪に Unity を与える。しかし、そのどの部分をとっても、それは塊でさえあればよく、部分としての金の塊は Unity condition をもたない。したがって、金の塊は同定することはできても、その数を数えることはできない。ちなみに、指輪のような Object は identity があり同定できるし、数えることができる。このような存在の抽象度の高いレベルでの議論は、後に述べるオントロジー工学で扱われる上位オントロジーの設計に貢献する。このことについては後で少し詳しく説明する。

#### 3.2 時間

時間とは何か? 時間は実在するか? 時間の理論の中には、「現在」しかこの世に存在しないと主張する Presentism や、すべての時間点は等しく存在する (Real である) ことを主張する Eternalism などがある。これに対応する形で、時間の存在としては、時制 (過去, 現在, 未来, したがって、現在の存在) を認める A 系列理論と、時制がない (現在の存在を認めない) B 系列理論がある [入不二 02, McTaggart]。B 系列理論では、単に前後関係しか存在しない。したがって、世界はすでにあらゆる出来事は起こっていて、ただ、それが順番どおりに現れてくるだけという見方に対応する。これらの二

つの理論は、前者は世界を **Dynamic** なものと見て、後者は **Static** であるとする見方に対応するといわれる。しかし、この見方は誤解を招く。というのは、**change in time** と **change of time** の区別を無視しているからである。時間とは何かということを議論するときには後者でなければならない。時間はその実在性もあやしく [入不二 02, McTaggart], 謎に包まれている。

時間や **Persistence** の議論で現れる議論に **Temporal part** (時区間に対応する部分) の問題がある。行為や自然現象などのいわゆる生起物 (**occurrent**) は時間軸上の存在物であるので、部分時区間に対応する部分 (**temporal part**) をもつ。それでは **Object** は **temporal part** をもつてであろうか？ 哲学では意見が二つに分かれ、常識人同様、もたないという **3D** 理論と、もつという **4D** 理論がある。前者は常識人が考えるとおり、この世には物 (**object**) と事 (**occurrent**) があり、物はその存在に三次元空間 (**3D**) が必要なものであり、事は三次元空間とは別の時間空間に存在するもの (生起物) と考える。したがって、物には **temporal part** はなく、その有無が物と事とを区別する本質的な差であると考え。一方、後者の **4D** 理論は、三次元空間に時間を加えて四次元空間を想定して、物にも **temporal part** があると考え、物はさまざまな事 (内部プロセス) の集積体であるとみなして、この世には事しか存在しないと考える。この理論では、物は四次元空間の軌跡として表される。

実は、**3D vs. 4D** の議論は、別の見方から見れば、**Object 優先 vs. プロセス優先** という対立といえることができる。実際、**Naïve** には存在論というからには物が存在することを体系的に説明するわけなので、物、すなわち **Object** にまず注目されるべきである。しかも、出来事は、ものが参加して初めて可能である。例えば、散歩という出来事は散歩する人がいなくては話にならない。このように考えるのが **3D** 派の人々である。一方、人も机も馬も、この世に存在するには時空間を占有することが必要であり、時間と無関係にこの世に存在することはできない。その点では時間空間に存在する出来事と同じである。すなわち、人間が歩いているという出来事も座っているという出来事も、ひいては存在するということが皆出来事である、ということになり、物と出来事を区別する必要性がない。これが **4D** 派の主張である。さて、どちらが正しいのであろうか？

### 3.3 因果

因果とは何かと問われて、原因と結果の関係であるというのは答えにならない。本稿の読者全員は因果とは何かを知っているが、それが何かを説明できる人はいないと思われる。あまりにも自明なものは説明困難なのである。

二つのイベントの関係。「コップが机から落ちたので割れた」という例を考えると、コップの落下イベン

ト  $E_1$  とし、次にコップの割れるイベント  $E_2$  とするとき、 $E_1$  が  $E_2$  の原因であるといえる。この場合、 $E_1 \Rightarrow E_2$  の  $\Rightarrow$  をどのように定義すればよいのかということが因果の問題である。必然と読むという理論 [Armstrong 99] と、落ちなければ割れていないから、ということで、「 $\neg E_1$  のときに  $\neg E_2$  がいえる場合に  $E_1$  が  $E_2$  の原因である」という理論 (Counterfactual theory) [Lewis 07] もある。上の例を下例に入れ替えた例もよく見る例題である。

「鍵をかけ忘れたので泥棒に入られた」

$\Leftrightarrow$  「鍵を掛けていたら泥棒に入られなかったであろう」 だから両者には因果関係がある。

しかし、これらの二つの例には大きな相違がある。上のコップの例は因果として問題ないが、泥棒の例では反論がある。コップが落ちて床と衝突したことはコップが割れた直接の原因であるが、鍵をかけていなかったとしても泥棒が入るとは限らない。因果関係が「弱い」というわけである。しかも、鍵をかけていないというのはイベントではなく、かけ忘れたことの結果として生じた「状態」である点も問題とされる。このように、状態は因果を直接起こすとは理解されておらず、哲学の因果理論では因果はイベント間の関係に限定され、状態は必要条件として位置付けられている。

もっと極端な理論として、人が原因と結果と呼ぶイベント間には必然的な結び付きは存在しないという理論もある。確かに結び付きを観測することはできないであろう\*1。しかし、観測できないからといって単なる規則性に過ぎないということにはならない。特に物理現象として起こる因果関係に限定すると、結び付きはいくつかの物理法則に限局できるので結び付きの立派な説明になる。そして、ほとんどの物理的な相互作用はエネルギーの授受が伴うので、エネルギーの移動を結び付きの根拠にする理論がある [Armstrong 99]。これは科学者として賛同したくなる理論である。しかし、これには大きな落とし穴が待っている。「コードが切れたので扇風機が止まった」というイベント列を考えると明らかに因果関係にあるが、それはエネルギー供給の停止が原因であり、エネルギー授受では説明が付かない。「エネルギーが移動しなかったのだ」と考えればよいように思われるが、因果はイベントの間の関係であると信じられているので、「しなかった」というイベントは存在しないので、困ってしまう。この問題は **Causation by omission** といわれていて、結び付きを明示的な根拠とする理論の外になってしまっている。

物理現象に関わる因果にはエネルギー授受があると考えられる人々には、因果関係は論理関係のような抽象的な関係とは異なり、「因果関係の本体」といえるような何かがあると考えているように思われる。そして、それは我々の

\*1 この主張はイギリスの哲学者 **Hume** によって指摘されたが、その影響を受けた哲学者は少なくない。

直感とも一致する。しかし、そう考えると上の **Causation by omission** が説明できなくなってしまうのである。

しかし、因果関係に関しては、常識人は哲学者が何といおうが、意味のある、強い結び付きのある関係だと信じている。いや、常識人だけではなく、科学者全員がそうであると思われる。なぜなら、科学者は自然が従う法則や原理を見つけようと日々努力しているわけで、諸現象の間には意味のある因果関係が存在していると信じているように見えるからである。これほどの強い信念に裏打ちされた因果を明示的に捕かまえることができないというもどかしさは相当強いものである\*2。

### 3.4 普遍者と個物

人間、山、会議、性質……など普通の名詞は **AI** という概念、哲学でいう普遍者 (**Universal**) を指す。「人間」は安倍晋三や高梨沙羅などの具体的な個人とは異なり、地球上のすべての人間を具体例としてもつクラスに対応する。クラスは **AI** 用語であり、哲学でいう普遍者と対応するが同一ではないことには注意を要する。異なる任意のクラスの共通部分もクラスであるが、二つの普遍者の共通部分が普遍者とは限らない。普遍者に関して本質的な問題は普遍者がどのような存在物かという点にある。多くの人が知っているギリシャ時代の哲学者プラトンとアリストテレスとの対立である。プラトンはイデアという概念をもち出して、普遍概念は天上に個物を理想化したものとして存在すると主張して、アリストテレスは各個物の中に存在すると主張した。両者の意見は異なっているように見えるが、実は異なっているのは普遍者の存在場所であって、普遍者が存在すること自体には合意している。しかし、現代哲学では普遍者が存在するかどうかの問題は解決していない。実際、普遍者は実体のない名前に過ぎないと主張する唯名論 (**Nominalism**) [唯名論] と、実体として存在すると主張する実在論 (**Realism**) [実在論] が対立している。

ところで、形而上学には存在する個物が所属する最も一般的な類を意味するカテゴリーという概念がある。各普遍者の上位概念をたどって上っていくと、最後はカテゴリーに行き着く。例えば、自動車を例にとると、自分が所有する車⇒自動車⇒乗り物⇒人工物⇒具体物となる。あるいは、高梨の身長⇒身長⇒身体的属性⇒属性⇒存在依存型持続物となる。結局、何種類のカテゴリーがあれば普遍者を説明するために必要十分であるかという問題は、後述する上位オントロジーにも大に関係する重要な課題である。実際、アリストテレスは**実体、量、質、関係、場所、時、姿勢、状態、能動、受動**の10個のカ

テゴリーを提案している [範疇論]。これもオントロジー工学における上位オントロジーと深く関連している。

一方、個物 (**Particular**) に関しては、その存在に関しては疑う余地はないが、その成り立ちは問題となる。どんな具体的な存在物も何らかの性質なしには存在できない。そこで、個物とはつまるところすべての性質の集まりと考えることができるように思えるが、そう考えると性質に変化があると **identity** が失われて別のものになりかねない。属性は単独で存在することはできないので、何かに付随しているはずであるが、その「何か」とは何の属性 (性質) ももっていないことになるが、そのようなものが存在し得るのかという問題が生じる。ということで、簡単に見える個物でさえ、形而上学的な扱いという意味ではまだ解決されていない。

### 3.5 依存性

この世には多様な依存性があるが、その中で最も基本的な依存性の中に **Specific-dependence** と **Generic dependence** がある。前者は、それ自身の存在に他の「特定の」物が必要な物の依存性である。例えば高梨沙羅の身長という属性は高梨の体なしには存在できないことのように、高梨の身長は高梨の存在に依存している。一方、後者は「特定の個物」ではなく、「一般的な普遍者」の存在に依存する依存性である。例としては「燃料」がある。これは特定の燃焼イベントに使われる材料という意味ではなく、燃焼一般の材料であることを意味する。すなわち、燃料は一般的な燃焼イベントの存在に依存している。

このような依存性をもつ個物は、存在依存型持続物 (**Existentially-dependent continuant**) と呼ばれる。通常、全体物はその部分に依存することは当然であるので部分への依存性は無視されるので、存在依存型以外の持続物は独立持続物と呼ばれる。読者が通常思い浮かべる個物のほとんどは独立持続物である。

他にも、自由意志の問題や様相の問題もあるがオントロジーとは関連が薄いのでここでは触れないことにする。

## 4. 哲学における議論

### 4.1 定義の難しさ

哲学、形而上学の難しさの原因の一つに定義の難しさがある。特に哲学は最も一般的、抽象的な概念を定義したいのでその難しさは一層である。例をあげると、工学者はポンプの機能やエンジンの機能については容易に説明できるが、最も上位にある機能を定義することはできない。同様に、医学の分野において、糖尿病、虚血性心疾患、骨折というさまざまな疾患は定義されている。例えば糖尿病であれば、おおざっぱには「インスリンの作用不足のためブドウ糖が有効に使われず、血糖値が高くなっている状態を引き起こす疾患」と定義できる。しかし、最上位の概念である疾患は定義されていない。

\*2 そこで著者は形而上学にはない新しい視点を導入して、Buffalo大学の哲学科の修士課程を修了してJAISTの博士課程に進学してきた学生とともに因果とは何かという最も哲学的な話題に挑戦して、現在論文を執筆中である。

実は、上の定義を分析すると「条件+上位概念」となっており、「条件」は領域に依存する知識であり、専門知識が十分に進んでいれば可能であるが、適切な上位概念を決めることは容易ではない。定義の難しさの根本原因は上位概念の同定の困難さにある。

このように概念の定義は難しい。だが、実は哲学者の定義は簡単なのである。

哲学者

= Thinkers who can say anything about anything. ©

## 4.2 面白い話題

哲学的オントロジーでの「興味深い」議論例をいくつか紹介する。

### §1 チーズの穴はチーズを回転したときに回転するか？

[加地 08]

穴は変わった存在物である。オントロジー的にいえば、存在依存型持続物であり、穴を形づくっている周りの実体（チーズ）に依存して存在している。さて、今チーズの塊にある楕円形の穴を想定する。チーズを動かせば穴も移動するので穴は移動できそうである。じゃ、回転するのか？ しないとすればその原因は非物質性にあるのか？ 移動できて回転できないということはあり得ないのでは？ ここで [加地 08] から、回転しないという理論と回転するという理論を紹介する。直径の異なる二つの円筒を用意して、大きいほうを右回りに回転させる。そのとき、穴も一緒に右回りに回転しているとする。次に小さいほうを大きいほうの中に入れて、左回りに回転させる。このとき、小さいほうの穴が左回りに回転しているとする、小さいほうの穴は大きいほうの穴の部分であるので同時に二つの逆方向に回転していることになり、矛盾が導かれる。一方、回転するほうの理論は、楕円形の穴が空いた筒を想定する。筒を回転させれば楕円も回転する（ように見える）ので回転するというわけである。さて、どちらが正しいのであろうか？

一風変わった理論に、穴は囲まれてできた空間ではなく、囲んでいる物体の「穴周り」であるとする考えがある。まだ多くの理論があるが、長くなるので省略して結論だけを示すと、加地の意見では「穴は回転しなく、変形する」が正しいようである。

### §2 影はどのような存在物か？ [加地 08]

鳥が空中にいて、その影が壁に映っていて、壁の影が道路に映っているシーンを想定する（太陽⇒鳥⇒壁⇒道路の順である）。もし壁がなかったら、鳥の影が道路にあったはずであるが、今は壁があるので、ちょうどそこに対応する影は壁の影か鳥の影かという問題を考える。もし、それがやはり鳥の影であるとする、鳥の影が壁の上と道路の上に二つあることになる。壁の影であるとする、それに対応する壁の領域には太陽の光は届いていないので、影ができる理由に反することになる。いずれにしても矛盾である。

### §3 物体間の境界とは何か？ [加地 08]

境界は存在するとしても物体とは違った存在の仕方をしていると思われる。境界を考える前に衝突問題を考えよう。ある哲学者が「実世界では物体の衝突は起こり得ない」ことを論証した [Klein 87]。これは、物理を知っている人には当然のことであるが、常識の世界に住む人々にとっては衝撃的な結論といえる。衝突とは急激な接触ということであり、接触とは二つの物体の間に他の物体がない状態であるので時空間上の一点を共有することになるが、その結論は二つの物体が時空間上の一点を共有することはできないという物理的制約に支持されている。二つの物体は接触できないので、衝突もできない。

次に「表面」を考える。表面は二次元の存在物であり、その点で普通の三次元の物体とは根本的に異なる。オントロジー的にいえば Feature と呼ばれる存在依存型持続物の一種である。他の類似したものとしては、辺、稜、頂点などがある。表面は境界と非常に近い概念であるので、境界を考えるうえで参考になる。一つの物体を分割したときには二つの表面ができることを考えると、二つの物体を接触させたときにできる境界は二つの表面の間にある。しかし、その間に何かがあれば、それが二つの物体の接触を遮ることになるので接触していないことになる。この問題は、境界というものが存在して、物体が接触できるという二つのことは両立しないことを意味している。すなわち、境界があれば接触できないし、接触できれば境界は存在しない\*3。

これは一見解決不可能な矛盾のように見えるが、実はこの世界を連続と見るか不連続と見るかの見方の問題であることに気付くと解決できる。物体は原子の集まりであるので、物体の接触・境界を考えるうえでは、世界は不連続なのである。したがって、物体を接触させるということはそれぞれの表面の原子が隣り合う状態になることであり、その場合境界は隣り合う原子の間を指し、架空の存在物となる。一方、連続する空間であると無理矢理みならず、連続性理論に支えられた実数の世界と同様のことしか許されない。すなわち、隣り合う国の国境には幅のない線を引くことができるが、その線自体がどちらの国に属するかは判定できない。言い方を換えれば、どちらか一方の国にしか所属できない。実質的には国境線は領域としてはゼロの大きさなので領土問題も起こらないと理解すべきなのであろう。

### §4 「人工物」とは何か？

人工物を人がつくったものであると定義すると、足跡は人工物か？ 自然言語は人工物か？ という問題に答えることが難しくなる。Technical artifact に限定した人工物の定義としては Journal of Applied Ontology に最

\*3 ここでの議論は、接触は二つの物体が同じ空間を共有するという理解に基づいている。したがって、連続な世界では接触は実現され得ない。

新の定義が紹介されている [Borgo 14]. それ以外の人工物としては、**Technical artifact**とは異なり利用 (Use) という概念から自由な芸術作品と使用者グループの間で承認が必要となる貨幣があり、すべてを含む包括定義はまだ存在していない。

## 5. 形而上学からオントロジー工学への貢献

### 5.1 Formal ontology

**Formal ontology** はフッサールに始まる現象学にルーツがあるといわれており [現象学, 岡田 02], その中心となる議論が部分の理論 **Mereology** である [Simons 87, Smith 82, Varzi 96].

“**Formal**”には二つの意味が込められている。一つはAIになじみの深い述語論理を用いた形式化、あるいは定式化を指し、もう一つは**Form**と**Content**の対比における**Form**, すなわち形相 (形) に関するという意味である。実際、アリストテレスのオントロジーでは馬が馬である所以としての形相 (**Form**) と、ある馬を形づくっている血や肉などの質料 (**Matter**) の中で、形相を対象としたオントロジーが **Formal ontology** の起源といえることができる。実際、**Mereology** での議論は質料ではなく **Form** としての部分を定式化して公理化することが主テーマになっている。

### 5.2 is-a と instance-of

オントロジーの記述で最も重要な関係に **is-a (rdfs:subClassOf)** 関係があるが、それはクラス間の関係である。クラスと具体物 (インスタンス) の間の関係には **instance-of (rdfs:type)** が用いられる。そこで問題となるのが **is-a** と **instance-of** の意味論であるが、それを考えるにはクラスとインスタンスとは何かという問題が本質的である。哲学的には **Universal** と **Particular** とは何かという問題になる。この問題をAIの立場から述語論理で定式化 (公理化) すると、外延的集合の意味論を用いることが通常である。それに従うと、クラスはそれに属するインスタンスが所属する外延集合に対応することになるが、**Universal** と外延集合とはオントロジー上の **Status** が大きく異なるので、無視できない違和感が残る。そのような定式化を超えた本質論としては、**is-a** は普遍者間の関係であり、**instance-of** は普遍者と個物の間の関係である。

### 5.3 科学的真実とオントロジー

オントロジー理論は科学的な真実と完全な整合性をもつべきであるという主張は正しいか? その答えは **Yes and No** である。**Yes** は当然であるので説明を要しないであろう。**No** の回答を卑近な例を二つあげて説明する。水はオントロジー的には **Mass noun** であることが示しているように、数えられない量として存在する。したがっ

て、二つに分けてもいずれも水であることには変わりはない **Dissective**\*4 という重要な性質をもつ。しかし、化学の知見が進んで、水の最小単位である水分子が存在して、それが **H<sub>2</sub>O** であることがわかった時点で、水はマクロな水と分子単位の水とは違ったオントロジーの性質をもつことに気付く。実際水分子は分割すると水でなくなってしまう、液体としての水がもつ重要な性質を失うので、机のような通常の **Object** とみなされなくてはならない。

別の例ではもっと根源的な問題として、相対性理論と量子力学の出現がある。時間は運動する物体ごとに異なって万人に共通ではなくなり、物体は粒子でもあり波でもあるという革命的な事実が明らかになった。オントロジーといえども、何らかの利用目的がある。純粋に真実を知るといふ立場からは科学の進展で得た新しい知見と整合性のあるオントロジーが望まれる。しかし、相対性理論や量子力学が正しいことは受け入れるとしても、時間を人々が共有していないことや物体が波動でもあることはあくまでも極限の世界での話であり、速さが光速より十分小さく、物体も素粒子より十分大きい世界では、物体はけっして波ではないし、時間は万人に共通で事象の同時性も共有していると考えてよい。言い換えれば、日常的世界では絶対時間を仮定でき、物体と波は明確に区別できる。ここで観点、あるいは有用性の尺度を導入してみたい。日常的世界の観点では、相対性理論と量子力学の知見は邪魔になっても、何の足しにもならないのである。日常世界には「正しい」オントロジーは不必要なのである。ということで、我々は、**Newton** 力学の世界で水は **Dissective** として扱うオントロジーを構築することが正しい。

気付いている読者もおられると思うが、この問題は上に述べた衝突や接触が可能かどうかの問題にも関係している。ミクロの世界では物体同士は接触も衝突もできない。しかし、マクロな現実世界では接触や衝突がないという主張は無意味である。したがって、科学的な正しさは犠牲にして、**Newton** 力学で衝突が起こることを許すオントロジーをつくるのが正しい方針であるといえる。

### 5.4 上位オントロジー

これまでの形而上学の概略的な説明の一部を反映した上位オントロジーの設計に関して議論する。AIの一部として議論されているオントロジー工学でいう上位オントロジーは哲学でいうオントロジー (存在論) とほぼ等しい位置付けをもつ。

上位オントロジーの構築に不可欠な事項として概念を区別する基準と、概念形成の原理を明確にすることである。これはすでに述べた形而上学での研究の成果と共有

\*4 分割してできるいずれの部分も元と同じクラスに属するという性質。

する重要概念である。まず、区別として以下のものがある。

- ① 持続物 vs. 生起物
- ② 独立存在物 vs. 依存存在物
- ③ 具体物 vs. 抽象物
- ④ 表現物 vs. 非表現物
- ⑤ プロセス vs. イベント
- ⑥ オブジェクト vs. 属性
- ⑦ 質 (性質) vs. 量
- ⑧ 性質 vs. 状態

最初の区別は自明であろう。②はすでに述べた依存性による区別であり、存在依存持続物の典型として教師、社長、結論、兆候、行先、食料などのロールがある。世界はロール概念で満ちており、ロールをうまく扱わずして良いオントロジーはつくりえない [溝口 12, Mizoguchi 15]。

③も区別としては自明であろうが、実際に運用するとすぐに問題に直面する。社会は具体物と抽象物のどちらであろうか？ ④は情報化社会では極めて重要である。WWW 上に溢れている情報を扱うには情報のオントロジーが必要である。車や山は非表現物であるが、Web ページや本は表現物であり、それは内容保持物 (Content-bearing thing) といわれる。音楽、手続き、計画、プログラム、設計図、仕様、文字、記号、絵画、小説、情報などはすべて表現である。手続きのインスタンスはけっしてその実行過程ではない [溝口 05]。多くの哲学的オントロジーは気付いていないので、⑤は極めて重要な区別である。

イベントは会議やコンサートが示唆するように、開始から終了までの時区間で完結している生起物であり、常に存在する時区間全体に展開された存在物である。一方、プロセスは瞬時的であり、存在する各時点で全体が存在している。言い換えれば、ongoing、あるいは progressive である。したがって、イベントは変化できないが、プロセスは変化できる。「散歩」はイベントであり、「歩く」はプロセスである。この区別は時間のオントロジーに関連することに注意しよう。プロセスを論じるときには A 系列理論を、イベントを論じるときには B 系列理論を想定していることになる。⑥の区別は自明であろう。

⑦と⑧は難しい問題である。長さ 20 cm のボールペンがあるとする。長さはボールペンの属性である。20 cm は長さのインスタンスであるように思えるが、同時に長さ量、すなわち量であるように思える。両方とも正しいとすれば、属性 (性質、質) のインスタンスと量が一致することになるが、それは質と量は全く違うという考えと矛盾する。詳しくは [溝口 12] を参照されたい。最後の⑧であるが、状態と性質は時間との関連性を除けば同じものである。ある人の体重が 65 kg であることは性質 (属性) であるが、その人がダイエットをしているという状況では、ダイエット効果で体重が減少しており、現

在ダイエット開始時点より 10 kg 減少して 65 kg であるとする状態となる。すなわち、状態は Time-indexed quality であると定義できるとともに、性質はその物体に inhere in しているが、状態はその物体が participate in していると考えられることができる。

また、原理としては

- (1) 全体性
- (2) 可算性 (countability)
- (3) 同一性 (identity)
- (4) 依存性 (dependency)
- (5) 統合性 (integrity)
- (6) 統一性 (unity)
- (7) 分割性 (dissectivity)

がある。そもそも、オントロジーの対象は全体物であるが、それがなぜ全体物であるかという問題は哲学的に深い。それに完全な答えを見つけることは極めて困難であるが、部分的にでもそれに貢献する観点として、これらの基盤概念があると考えられる。まず、全体物として数を数えることができることは必須であろう。これによって、「黄色いもの」という概念は全体物を規定するうえで不十分であることが帰結される。黄色い机があったとき、そこにある黄色いものは一つなのか、天板と四つの足も黄色いので、五つと数えるのか、それに机も加えて六つと数えるのかを決定することができない。「机」という概念があれば、机がいくつあるかという問いには、天板と足は除外されるので、一つと答えることができる。

次に重要な性質は同一性である。そのものをそれであると認定できる根拠が必要だからである。1 分前に見たそれと、今見ているそれが同じものであるという根拠である。上で述べた数を数えるときに、同じものを二度数えないためにもこの性質は必須である。例えば、グループという概念の identity はメンバが同一であることである。実際、一人でもメンバが入れ替わればそれは別のグループとなる。しかし、identity は多くの例でうまく定義できないことがわかっている。そこで、実際には、同一性基準 (identity criterion) を導入する。同一性基準は二つの全体物の identity の失われ方を規定し、この基準に照らして異なっていれば、その二つの全体物は異なること、あるいは is-a 関係にはないことが示される。使用例としては、〈会社 is-a 人の集まり〉という関係が、会社は人が入れ替わっても identity を維持するので、人の集まりとは identity 基準が異なり、is-a 関係の属性継承原理に反するので is-a 関係にはないと結論されることがある。

依存性は、すべての存在物を、人間や会社のようにその存在が他の存在物に依存しない独立存在物と、身長や社長のようにその存在が人間や会社という他の存在物の存在に依存する依存的存在物に分類する際に使われる。

統合性とは、全体物に含まれる部分を特定できるよう

な性質をいう。ほとんどの全体物は統合性をもつが、部分を特定できない全体物の例としては「10 g の塩」というものがある。これはどの塩粒で構成されているかを特定することができない。

統一性とは、その全体物を構成する部分の間に一貫した原則を見いだし得ることをいう。机は統一性をもつが、それは天板と4本の足が満たすべき強度や空間的位置に基づく機能的貢献に関する原則を有するからである。

分割性は以下のように定義される。その全体物を任意の方法で分割したときにできる二つの部分が、もとの全体物と同じカテゴリーに属するとき、それは分割可能 (dissective) という。自動車を分割するといずれの部分も自動車ではないことが示すように、多くのものは分割性をもたない。統合性と統一性があり分割性があるものの例として、森やネットワークがある。ちなみに、著者が開発した上位オントロジー YAMATO [Borgo 16, 溝口 12] は上述の区別と原理に則って構築されている。

## 6. オントロジー工学から形而上学への貢献

オントロジー工学の研究も進化して、最近では哲学に貢献する成果を出せるようになった。そのいくつかを説明する。形而上学の考えを取り込んだオントロジー工学的思考が、いかに形而上学の諸問題に貢献できるかということを読み取っていただきたい。

### 6.1 Object の定義

Continuant (持続物) や Occurrent の定義は哲学的には終わっているはずであるが、川や台風、海流などがどちらであるかは議論が分かれる。例えば、Continuant はその存在に三次元空間が必要で Temporal part をもたないもの、Occurrent は時間空間の存在物で Temporal part をもつものというような定義である。4D 理論の研究者は、川や海流は水や海水の流れそのものであり、台風は空気の流れそのものであるため Occurrent であると主張する。実際かなり説得力があり、何となく Continuant らしいと思っている人もそれに反論するだけの根拠が足りない。実際 3D 論者は、それらはすべて Continuant であると主張したいが 4D 派の突込みで困っているという側面がある。ここでは、オントロジー工学の立場から提案された新しい Continuant の定義を紹介する。詳細は [Galton 09, 溝口 12] を参照いただくとし、ここでは概要だけを紹介する。

議論は Continuant と Occurrent はどちらが優先されるかではなく、相互に依存し合っている事実を素直に受け入れることから始まる。人の存在は、何もしていないということもあり得ず、寝ているか、起きているときは、食事をしているか、歩いているか、座っているか、考えているか、……何かしていないでは存在できないという事実を受け入れれば、この世にあるのは

Continuant が Participate in している Occurrent である。その Occurrent は Continuant の関与がなければ起こり得ない。ということで、相互に依存し合っていることは受け入れなければならない。この事実に着目すればいずれかを優先させる理論は間違っている可能性が極めて高い。ここでは議論を簡単にするために Object で Continuant を、Process で Occurrent を代表させるが、Object は Process の Enactor として存在する。いかなる Process も Enactor (動作主) なしに存在できないし、Occurrent は Enactor にはなれないことからこの定義の正しさがうかがえる。実際、川は水の流れではあり得ない。川は流れない。水の流れは川の内部 Process であり、その Enactor は水であり、川ではない。川は流れのルートの変化 (支流の生成など) という外部プロセスの Enactor として定義される。水流はたまたま外部から容易に見えるのでそれが川そのものであると誤解しやすいが、川は水流から構成される何か (全体物) であり、それは流れの道筋の変化や支流形成という現象に Participate している。歩行プロセスにおいては、歩行者は脚の動きプロセスの Enactor にはなれないし、脚は歩行の Enactor になれない。歩行の Enactor は歩行者なのである。

詳しくは文献 [Galton 09] に譲るが、Object はその外部プロセスを enact する統合体であり、さまざまなプロセスの集積体と考えられる傾向が強いこの世の中で、内部プロセスと外部プロセスの境界に位置する安定点として存在する。

### 6.2 生物機能と人工物機能を統合する機能の定義

この世に存在するものの多くは機能物である。実際、あらゆる生物 (生命体) と人工物はすべて機能物である。そして、それらは機能的統合性をもつことが、それらが全体物であることの根拠であるので、機能概念は存在論的に極めて重要である。そのため、機能を対象にした哲学的考察は多い [Buller 98, Cummins 78, Krohs 09]。しかし、生物の機能と人工物の機能とは似て非なるものともいえるため、両者を統合する定義はまだ存在していない。人工物の機能は、設計者や使用者の意図に完全に依存するが、生物の機能はそのような人間の意図とは完全に独立している。この深い相違が原因して、まだ誰もこの2種類の機能を含む統一的定義に成功していない。ここでは、[Mizoguchi 16] で公開された新しい機能の統一的定義を紹介する。解くべき問題はゴールの扱いにある。機能は達成すべきゴールを無視して成立し得ないが、ゴールは意図なしに存在しないと考えられている。しかし、心臓のポンピング機能を考えるとき、血を他の臓器に送るというゴールがあることは自明であるし、それがあからこそ心臓の機能を説明できる。そこで、問題はいかにして心臓がもつ血を送るというゴールを設定できるかということに問題を絞ることができる。心臓がもつ



ゴールはどのように与えられるのであろうか？ 心臓が血を他の臓器に送ることによって生命維持に「貢献」していることは明らかであり、ゴールではなくその貢献を根拠に機能を定義するというのが哲学者の考えの中心であった [Cummins 78]. しかし、貢献を根拠にすると、何らかの障害で現在貢献をしていない心臓はその機能をもっていないのか、もっているが発揮していないだけなのかの区別がつかないという問題がある。いわゆる **Malfunction** 問題である。もう一つ **Etiological theory** [Buller 98] という理論がある。それは生物の進化過程で現在まで進化しつつ使われてきたことに根拠を置く理論であるが、本質は貢献なしには機能がいない点では同様である。

新しい定義の基盤となるアイデアはデバイスオントロジー [Mizoguchi 09] に基づく **Systemic context** という概念である。人工物も生物もそのすべての部品（デバイス）は合目的な振舞いをしており、そのことによって全体物がシステムとして意味のある振舞いをすることを可能にしている。その意味では人工物も生物も相違はない。システムが設計されたか、進化によってそうなったかは問題ではなく、システムであるかどうかだけが問題であり、システムである場合には各部品はより粒度の大きいサブシステム、ひいてはシステム全体の振舞いに貢献することが要求され、そのことによって意図に依存しないゴール (**Non intentional goal**) の存在が明らかになった。そして、機能とは「**Systemic context** において設定される **Non intentional goal** を達成するために振舞いが **Play** するロール」であると定義される。

この定義の意味するところは深くて広い。 **Behavior** と **Function** が分離されているので、 **Malfunction** 問題は、ロールはもっているが、 **Behavior** が十分でないだけということで簡単に解決できる。心臓のポンピング機能を語る際には **Systemic context** を正しく循環器系と設定しなければいけない。もし、 **Systemic context** として音生成 **Context** を設定すれば、心臓の機能は鼓動音生成となる。そしてどちらの **Context** が適切かは存在論的には決定できないことを意味する。その適切性の判断はドメインの知識、すなわち生物学的知識によって決定される。生物の機能に関する従来の理論では、人体という全体物の機能を語るができないことに苦勞していた。この新しい理論では人体の機能はそれが置かれる **Systemic context** が与えられないと語るができないことを主張しており、これまでの理論では人体のような全体物の機能を語るができない理由も説明していることになっている。さらに一步深めて、機能の存在論的定義とあるものもつ機能の同定は異なる問題であることを明言したことも貢献の一つといえる。

### 6.3 疾患の定義

疾患の定義というのはドメインの概念であるので、上

の二つに比べると一般性に欠けるとはいえ、医学において最上位の概念であるので、考察する価値は十分高い。現在いくつかの疾患に関するオントロジーが存在し、疾患定義もなされているが、多くは疾患とは身体の異常状態であるという、存在論としては間違った定義がなされている。疾患は、人体に異常状態を起こした原因としての「何か」であって、状態そのものではない。そこで、哲学者 **Barry Smith** は異常状態を引き起こす傾向性 (**Disposition**) であると定義した [Scheuermann 09]. それは存在論的には正しいのであるが、日夜患者の病気を扱っている医者にとっては抽象的であり評判がよろしくない。そこで **River-Flow Model : RFM** と名付けた疾患定義が新たに提案された [Mizoguchi 11]. **RFM** では疾患を人体に現れる異常状態の因果連鎖の総体であると定義されている。因果の伝搬を川の水の流れになぞらえて、因果連鎖は川に対応し、川が **Continuant** であると同じ理由で **Continuant** であることが示された。それは、上に述べた **Object** の定義に基づいていることに注目されたい。因果連鎖は通常は **Occurrent** と認識されているが、著者独自の哲学理論があつてこそ、疾患を因果連鎖として **Continuant** としての定義に成功している [Robert 15].

### 6.4 Mereology への貢献 (機能部品)

哲学における **Formal ontology** の中心である **Mereology** は部分の理論であり、膨大な研究成果が積み上げられている [Simons 87, Smith 82, Varzi 96]. しかし、残念なことに、現在の **Mereology** では、生徒が学校の部分であるかどうか、客はレストランの部分であるかどうか、車輪と前輪と操舵輪のどれが自転車の部分なのかなどの質問に答えることができない。すなわち、 **Mereology** にはロール概念が無視されているのである。これは常識といってもよいと思うが、ロールの概念なくして部分を語ることはできない。会社の構成を語るときに社長、専務、部長、社員などのロール概念なしに、すべて **Player** である「人間」だけを使って語ることは全く意味をなさない。今、生物と人工物などの機能物に限定すれば、その部分は機能部品であるので、機能部品は部分になり、入力物は部分ではないと結論できる。学校の例であれば、生徒は入力であり、教育された状態となって出力されるものであり、機能部品ではあり得ない。したがって、学校を、教育を行う機能物として見る限り、授業をする機能部品である教師は部分であっても、生徒は部分ではないことが結論できる。生徒は、ボイラの水（暖められて高温蒸気として出力される入力）なのである。このような考えを定式化して、 **Mereology** へのロール概念を導入して強化する研究は有望であると考えられる。

## 7. む す び

形而上学とオントロジーの相互関係について解説した。オントロジー工学は形而上学から学ぶことは極めて大きい。実際、すでに述べたように上位オントロジーの開発には形而上学の理論が不可欠である。そして、それに加えて、オントロジー工学的視点を携えて、形而上学的な問題に挑戦することによって、一定の学問的な貢献ができることも示した。この両者の相互互助的な関係は今後も促進すべきであると考えている。本稿を終えるにあたって、両分野の交流に関して、オントロジー工学ができる形而上学への貢献の要因をまとめたい。

- (1) 本質的には工学の立場を捨てていないので、不必要に学術的になることがないと同時に、問題を突き詰めて、どうしても無理とわかれば、「工学的近似」という錦の御旗を掲げて妥協することができる。
- (2) 概念の解明を行う際にモデリングという考えをもっていること。哲学者は、分析哲学といえども思考の道具は論理学と集合論である。論理学や集合論は定式化には極めて有用であるが、思考を助ける道具としては抽象的すぎて弱い。現実の構造を反映していないからである。その点、著者が立命館大学の來村徳信教授とともに考案し、活用し続けてきたデバイスオントロジーは適切な抽象度をもちつつ、現実の問題の構造を反映する強力な思考ツールとなっている。デバイスオントロジーに従えば、複雑怪奇な対象に対して粒度の問題にとらわれることなく、一貫した整合性のある概念抽出が可能になる。実際上述の **Object** の定義と統合機能定義ではデバイスオントロジーの貢献が大きい。
- (3) **Toy** 問題と揶揄される問題ではなく、現実味のある工学的な例題を豊富に活用して実質的な議論を押し進めることができる。
- (4) 物事の **Context** 依存性に敏感であること。実際、機能の統一的定義に関してはその威力が発揮された。
- (5) 形而上学では、ありのままの現実を捉えるという根本的な姿勢から、コンテキストに依存するロールは深く考察されてこなかった。しかし、世の中はロールで満ちあふれていることを考えれば容易にわかるとおり、ロールのうまい取扱いは必須である。特に、人間以外のものが **Play** するロール（兆候、結論、操舵輪、行先、食料、準備など）に注意を向ければ世界の本質がより良くわかる。実際、デバイスオントロジーはロールアサインメントシステムとなっており、振舞いや機能の領域依存性の除去に大きく貢献する。

このようにオントロジー工学は形而上学に恩返しができるレベルに達しているが、今後は相互の交流がますます

発展することを願っている。

## 謝 辞

本学博士課程1年豊島史彬君との討論が有益であった。ここに記して感謝します。

## ◇ 参 考 文 献 ◇

- [Armstrong 99] Armstrong, D. M.: *A World of States of Affairs*, Cambridge University Press (1999)
- [Borgo 14] Borgo, S., Franssen, M., Garbacz, P., Kitamura, Y., Mizoguchi, R. and Vermaas, P. E.: Technical artifacts: An integrated perspective, *Applied Ontology*, Vol. 9, No. 3-4, pp. 217-235 (2014)
- [Borgo 16] Borgo, S., Mizoguchi, R. and Kitamura, Y.: Formalizing and adapting a general function module for foundational ontologies, *FOIS 2016*, pp. 241-254 (2016)
- [Buller 98] Buller, D. J.: Etiological theories of function: A geographical survey, *Biology and Philosophy*, Vol. 13, pp. 505-527, (1998)
- [Cummins 75] Cummins, R.: Functional analysis, *J. Philosophy*, Vol. 72, pp. 741-765 (1975)
- [Galton 09] Galton, A. and Mizoguchi, R.: The water falls but the waterfall does not fall: New perspectives on objects, Processes and events, *Applied Ontology*, Vol. 4, No. 2, pp. 71-107 (2009)
- [現象学] <https://ja.wikipedia.org/wiki/現象学>
- [範疇論] [https://ja.wikipedia.org/wiki/範疇論\\_\(アリストテレス\)](https://ja.wikipedia.org/wiki/範疇論_(アリストテレス))
- [入不二 02] 入不二基義: 時間は実在するか, 講談社現代新書 (2002)
- [実在論] <https://ja.wikipedia.org/wiki/実在論>
- [Klein 87] Klein, D. and Matheson, C. A.: The logical impossibility of collision, *Philosophy*, Vol. 62, Issue 242, pp. 509-515 (1987)
- [Lewis 07] Lewis, D. 著, 吉満昭宏 訳: 反事実的条件法, 勁草書房 (2007)
- [加地 08] 加地大介: 穴と境界—存在論的探求, 春秋社 (2008)
- [Krohs 09] Krohs, U. and Kroes, P., eds.: *Comparative Philosophical Perspectives*, pp. 203-221, MIT Press, Cambridge Mass. (2009)
- [Lowe 98] Lowe, E. J.: *The Possibility of MetaPhys - Substance, Identity and Time*, Clarendon Press, Oxford (2001)
- [Losee 98] Losee, J.: *Theories of Causality*, Transaction Publishers, New Jersey (1998)
- [McTaggart] [https://en.wikipedia.org/wiki/The\\_Unreality\\_of\\_Time](https://en.wikipedia.org/wiki/The_Unreality_of_Time)
- [溝口 05] 溝口理一郎 著, 人工知能学会 編集: オントロジー工学, オーム社 (2005)
- [Mizoguchi 09] Mizoguchi, R. and Kitamura, Y.: A Functional Ontology of artifacts, *The Monist - An Int'l Quarterly J. of General Philosophical Inquiry*, Vol. 92, No. 3, pp. 387-402 (July 2009)
- [Mizoguchi 11] Mizoguchi, R., Kozaki, K., Kou, H., Yamagata, Y., Imai, T., Waki, K. and Ohe, K.: River flow model of diseases, *Proc. 2nd Int. Conf. on Biomedical Ontology (ICBO 2011)*, pp. 28-30, 63-70 (July 2011)
- [溝口 12] 溝口理一郎 著, 人工知能学会 編集: オントロジー工学の理論と実践, オーム社 (2012)
- [Mizoguchi 15] Mizoguchi, R., Galton, A., Kitamura, Y. and Kozaki, K.: Families of roles: A new theory of occurrent-dependent roles, *Applied Ontology*, Vol. 10, No. 3-4, pp. 367-399 (2015)
- [Mizoguchi 16] Mizoguchi, R., Kitamura, Y. and Borgo, S.: A unifying definition for artifact and biological functions, *Applied Ontology*, Vol. 11, No. 2, pp. 129-154 (2016)
- [岡田 02] 岡田光弘: オントロジーの哲学的・論理的背景, レクチャーシリーズ「哲学とAIにおける対象世界モデリング」[第1~4回] 人工知能学会誌, Vol. 17, No. 2, 3, 4, 5 (2002)
- [Rovetto 15] Rovetto, R. J. and Mizoguchi, R.: Causality and the

- ontology of disease, *Applied Ontology*, Vol. 10, No. 2, pp. 79-105 (2015)
- [Scheuermann 09] Scheuermann, R. H., Ceusters, W. and Smith, B.: Toward an ontological treatment of disease and diagnosis, *Proc. 2009 AMIA Summit on Translational Bioinformatics*, pp. 116-120, San Francisco, CA (2009)
- [Simons 87] Simons, P.: *Parts*, Oxford University Press (1987)
- [Smith 82] Smith, B.: Annotated Bibliography of Writings on Part-Whole Relations since Brentano, in B. Smith, ed.: *Parts and Moments, Studies in Logic and Formal Ontology*, pp. 481-552, Munich: Philosophia (1982)
- [鈴木 14] 鈴木生郎, 秋葉剛史, 谷川 卓, 倉田 剛: 現代形而上学, 新曜社 (2014)
- [唯名論] <https://ja.wikipedia.org/wiki/唯名論>
- [Varzi 96] Varzi, A. C.: Parts, Wholes, and part-whole relations, the prospects of mereotopology, *Data and Knowledge Engineering*, Vol. 20, pp. 259-286 (1996)

2017年3月6日 受理

---

## 著者紹介

---



溝口 理一郎 (正会員)

1977年大阪大学大学院基礎工学研究科博士課程修了。大阪大学産業科学研究所助手, 助教授, 教授を経て, 2012年10月より北陸先端科学技術大学院大学サービスサイエンス研究センター特任教授。工学博士。パターン認識, 音声認識, エキスパートシステム, 知的学習支援システム, オントロジー工学の研究に従事。本会編集委員長, 教育システム情報学会編集委員長, 本会会長, Intl. AI in Education (IAIED) Soc. President, Asia-Pacific Society for Computers in Education, President, Semantic Web Science Assoc. Vice-President を歴任。現在, ACM TiS の Associate エディタ, J. of Applied Ontology, Editorial board member.