

階層構造意味空間モデルによる推論と学習

高田 明典[†]

[†] フェリス女学院大学文学部コミュニケーション学科

〒845-8650 神奈川県横浜市泉区緑園 4-5-3

E-mail: [†]tkd@ferris.ac.jp

あらまし 本論文では、自然言語による質問応答システムの構築手法としての「階層構造意味空間モデル」における使用を前提とした推論方法について提案する。ルールベースの自然言語処理においては、入力された自然文を何らかの形のメタ形式に変換して処理することが必要であるが、その際に使用される推論規則は、必ずしも記号論理学の研究文脈における成果をそのまま援用可能であるとは言えない。特に、個体とクラスの取り扱いや、条件文、反事実的条件文においては、記号論理的な処理が提案されているものの、システムとしての実装には馴染みにくいと推測されるものが多く、ルールベースの自然言語処理構築の隘路を形成している一因であるとも考えられる。本研究においては、(1)個体とクラスを別に扱い、また、(2)条件文を分類したのちに、論理もしくは事実の連言形式へと変換することによって、そのような問題の解決を企図している。試験的に実装されたシステムの出力を検討しつつ、いくつかの問題点について議論する。

キーワード 自然言語処理, 質問応答システム, 意味空間, 推論, 条件文.

Inference and Learning in Hierarchical Structured Semantic Space Model.

Akinori TAKADA[†]

[†] Faculty of Letters, Department of Communication Studies, Ferris University

4-5-3 Ryokuen, Izumi-ward, Yokohama, 845-8650 Japan

E-mail: [†]tkd@ferris.ac.jp

Abstract In this article I propose a method of inference in "Hierarchical Structured Semantic Space Model" as a method to construct natural language based question-answering system. In rule-based natural language processing, input sentences are needed to be translated into certain types of meta-form. Then, based with the translated meta-form data, system generates some inferences. When we aim to build such inference system, there exist some difficulties in implementing proposed result as it is in the research context of symbolic logics. Especially in dealing concept of instance and class, or in processing conditional sentences or counterfactual sentences, some proposed methods exist but we could not build effective system easily. These difficulties are thought to be a bottleneck in the research of rule-based natural language system. As a solution to the problems, proposed methods are as below : (1) concepts of "instance" and "class" are separately dealt when transforming sentences into meta-form, (2) conditional sentences are classified and transformed into series of logics or facts. Some further problems are discussed along with examples of implemented system.

Keyword natural language processing, question-answering system, semantic space, inference, conditional sentence.

1. はじめに

本研究においては、階層構造を構成する意味空間を導入することによって、これまで処理が難しいとされてきた間接文などの問題の解決を図る方法について提案してきた[1]。この問題は、古くはデヴィッドソンによる問題提起にその一端を見ることができるが[2]、近年においても十分な解決方法は見出されていない。特にルールベースの自然言語処理において、この問題はきわめて本質的なものであり、現在においては、この問題の存在そのものがルールベースの自然言語処理の限

界を示しているとさえ考えられる。

デヴィッドソンは、この間接文の問題を真理条件的意味論の文脈で解決しようと試みた。たとえば、「ガリレオは地球は動くと言った」という間接文において、「地球は動く」という「文（もしくは命題）」は、真理条件の適合基準に合致させることができないと言う。この場合、真理条件が適用されるべきなのは「ガリレオは α と言った」という文であり、このとき引用されている文 α が成立しているかどうかは（当該の文の成立・非成立もしくは「真偽」に関して）そもそも問題では

ないと考える。

このデヴィッドソンの理論には、多くの異論が存在しているものの[3][4]、分析哲学の研究文脈における議論はさておくとして、少なくとも自然言語処理の研究文脈においては、実効的な解決方法を構成することが可能となる重要な理論であると考えられる。なぜなら、間接文の問題を、限定的ながら意味論および自然言語処理の研究文脈に回収できる可能性があるからである。

ただし、デヴィッドソンのこの理論を自然言語処理システムに組み込むことは、当然のことながらそのままでは難しく、いくつかの問題が存在する。まず、自然言語処理システムは、いわゆる「事実」「現実」を知覚することができないため、当該のシステム本体の意味空間には、知覚された事実由来する「意味」が一つも存在しない。この問題の「哲学的解決」は容易ではない。なぜなら、私たち自然知能が知覚している「事実」とは何であるかという本質部分にかかわる問題であり、「そもそも私たちは、現実や事実というようなものを知覚しているのか」という厄介な問題を喚起してしまうからである。よって、この問題への「哲学における研究文脈」における回答は留保しつつ、システムを構築せざるをえない。さらに、間接文として提示された文（命題）の成立・不成立はそもそも問題とはならないということから、システム本体に入力された文の成立・不成立も判定できないということになる。なぜなら、自然言語処理システムにおいては、入力される文は、すべて間接文でしかないからである。たとえば、前述の事例「ガリレオは地球が動くと言った」という事例であっても、実は、それを「誰かが言った」わけであるから、システム本体が受け取るのは『ガリレオは地球が動くと言った』と高田が言った」という形にならざるをえない。たとえ「地球は動く」と入力したとしても同様であり、すべての入力文は間接文であることから、システム本体には、その文（命題）の成立・不成立を判断すべき根拠となる基本文や基本命題や前提が、一つも存在しないことになる。ただし、これはすでにデヴィッドソンが想定していたことであり、その際デヴィッドソンの「根源的解釈」の文脈による説明では「寛容の原則」によって、「語られた」文に含まれる事実もしくは論理が、原則として「それを語った話者がそうであると信じ、そうであると主張している事柄である」と仮に想定せざるをえないという。

一方で、デヴィッドソンは、「事前論理」の議論の文脈において、そのようなシステムの挙動の原理を構成するような基本命題や基本文をあらかじめ設定しておくという方法が可能であると考えた。この事前論理の議論は、当座論理の議論と併せて考えなければならない。なぜなら、包括的な「前提」としての事前論理が存在

するという考え方は妥当ではなく、そのような試みは今のところどれもうまくいっていないからである。これは、哲学の研究文脈では「基礎づけ問題」として検討されてきたものとして知られている。前述の例においては、「地球は動く」という文が（たとえ間接文であれ）入力された場合に、その真偽（もしくは成立・不成立）を判定するために必要な基本命題や公理の集合が存在することによって、その採否を決定することができるということになるが、そのような「基本命題や公理の集合」がそもそも存在するのかということについては、周知の通り、否定的な理論が趨勢であると言える。もちろん、この問題に関しては、近年において一定の回答は存在するものの、さらなる問題も多く残っている[5][6]。したがって、より妥当なシステムの構築を目論むうえでは、基礎づけ問題に拘泥することのない方法が必要となるが、デヴィッドソンの「事前論理」は、当座論理より一段階各上の「論理」として提唱されていることから、それを採用するのが妥当であると考えられる。

一方、この問題の処理にあたり、Stalnaker (1978) において提唱されている「可能世界意味論」の二次元への拡張を参照することも可能である。これは、様相理論への *de re* 様相(事柄についての様相)と *de dicto* 様相(語られたことについての様相)という二つの新たな様相概念の導入である[7]。この考え方自体は古くはクワインによって提唱されたものであり[8]、また、いくつかの問題点の指摘とそれに基づく表記法の改良がカプランによって提示されていたものであるが[9]、スタルネイカーによって「二次元可能世界意味論」として定式化されたことによって広く議論が行われるようになった。この議論自体は新しいものではないが、近年においてもなお引き続き検討されている[10][11][12]。前述のデヴィッドソンの理論において「間接文」とされているものは、スタルネイカーの理論などで言及されている *de dicto* 様相と読み替えることができる。つまり、本研究の問題の中心は、従来 *de re* 様相として取り扱われていたものが、本来（少なくとも自然言語処理の研究文脈においては）*de dicto* 様相の与件であると考えられるべきものであるという点にある。端的に言うならば、少なくとも自然言語処理システムにおいて扱われる与件としては、*de re* 様相のものは一つも存在しない。すべてが「語られたもの」であり、その意味で *de dicto* 様相のものである。しかしながら自然言語処理システムは「事実」について言及し、「事実」に基づいて何らかの制御もしくは言動を行うことを目論むシステムであることから、ここに、理論と実装における決定的な断崖が存在すると言える。

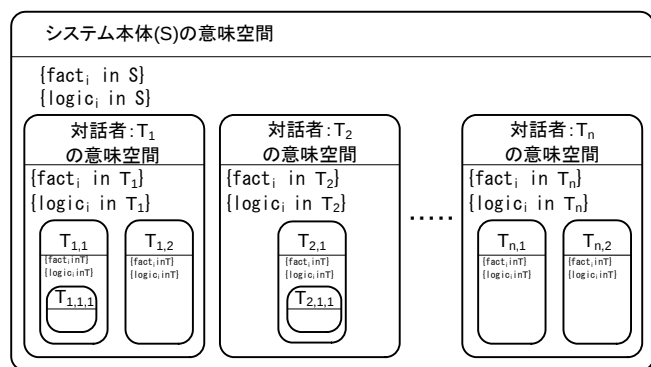


Fig.1

すなわち、本研究の背景として存在する研究の意義は、*de dicto* 様相である与件から、*de re* 様相への変換がどのようにして可能であるか（もしくは不可能であるのか）を明らかにすることであると言える。

本研究においては、フォコニエのメンタル・スペースの理論を一部改変して援用することによってこの問題の具体的解決を企図した[13][14]。Fig.1に示したように、間接文などであることを示す「契機的表現」が検知されると、システムはその間接文の話者（情報源）についての意味空間を生成し、それぞれの意味空間の内部に、さらに下位の意味空間が生成され、それぞれの「文」（間接文における引用文）を管理する。つまり、本研究において提案している構築手法である「階層構造意味空間モデル」とは、個別の意味空間が階層構造（もしくは入れ子構造）を構成し、それぞれの意味空間内部で、文もしくは命題の成立・不成立が検討されるというものである。この構造によって、それぞれの意味空間内部の論理的整合性は保たれ、かつ、上位の意味空間に持ち込まれる場合に当該意味空間での論理との整合性が検証されることによって、成立・不成立の判定が行われることとなる（Fig.2）。

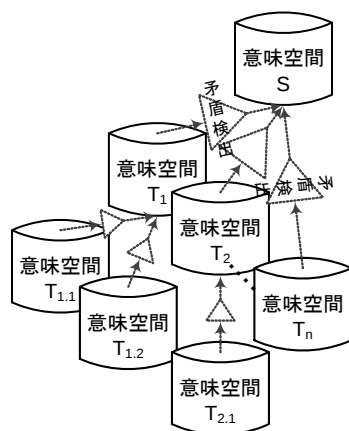


Fig.2

2. 階層構造意味空間モデルにおける推論

2.1. 提案手法における推論の概要

階層構造意味空間とは、自然会話を実装するシステムにおいて、仮想的な主体者と個別の対話者を想定し、それによって個々にデータを管理するための手法において用いられる「意味空間」の配置方法である。その概要は Fig.1 に示したとおりであるが、ここで、Fig.2 として示した概念において、どのようにして下位の意味空間における「語られた文」が、上位意味空間に導入されるのかという問題が存在する。

前述の「ガリレオは地球は動くと言った」を例とする。まず話者Aの存在を仮定する。「地球は動く」を α と置き、順次、 β 、 γ を定義していくと、

β : 話者Gは α と言った

γ : 話者Aは β と言った

となり、ここでシステム本体が受け取るのは、

γ : 「話者Aは『話者Gは 地球は動く と言った』と言った」

である。ここで問題となるのは、いわゆる「主張性」である。*de dicto* 様相を持つすべての与件は、何らかの「主張性」を有していると考えられることができる[9][10]。たとえば、「ガリレオは地球は動くと言った」という文が入力されたとき、システム本体は、「話者Aは『ガリレオは地球は動くと言った』と言った」ということのみを事実であると判定するが、そのとき、その背後には「主張性」が存在するはずだとも想定する。つまり「どうして」話者Aはガリレオの話を持ち出したのかということである。

相手がその文を主張する意図、もしくはそう主張する原因が明らかでないとき、私たちは「意味が分からない」と感じる。たとえば、教室で教員が「ガリレオは地球は動くと言った」と話し始めた場合、それが科学史などの授業であれば理解できるが、そうでない場合、学生は理解できずに戸惑うだろう。その後の文脈に回収されて理解される場合もあるが、そうでない場合は、その文に含まれる単語が指し示す概念がすべて明らかであったとしても、「で？」という疑問が生じることになる。つまり、私たちが、誰かの話を聞いたときに理解できないと感じるのは、その主張性が明らかではないことを意味している。

しかしながら、主張性もしくは主張の意図は、常に語られるわけではない。「ガリレオは地球は動くと言った」という例を持ち出すのはなぜかという、私も、地球は動くと信じているからだ。」などというのは冗長すぎる表現であり、通常の会話ではほぼ見ることができない。ここで、そのような主張性が「推論」の結果として得られる場合が多いことは容易に推測される。

2.2. 基礎となる推論

ここでまず、より単純な例として、話者Aが「地球は動く」と入力した場合を想定する。このとき、「話者Aは『地球は動く』と言った」が「事実」として、話者Aの意味空間内に登録される。Fig.2に模式的に示したように、この事実から、「地球は動く」という文が生成され、上位意味空間（この場合はシステム本体の意味空間）に持ち上げられる。このとき、すでにシステム本体内に既存の論理もしくは事実の集合との間で矛盾を構成するか否かの検討が行われ、論理的に整合である場合に、上位意味空間内に「地球は動く」に対応するメタ表現が登録される。これが、もっとも単純かつ基本的な「推論」であり、デヴィッドソンの指摘による「寛容の原則」に基づく。

2.3. 推論結果に基づく推論

基礎となる推論とは、前述のとおり、単に入力者（話者）がそう言ったということのみを理由として、システム本体が、成立している事実（もしくは成立している論理）として登録することを指す。それに対して、推論結果に基づいた別の推論も行われる。本提案手法においては、3種類の推論を想定している（「事実」「論理」とあるのは、すべて「推論結果としての事実」「推論結果としての論理」を指す）。

(1) 論理 + 事実 → 事実

(2) 論理 + 論理 → 論理

(3) 事実 + 事実 → 論理

ここで「事実」とは、命題 P があるインスタンスについての言明であるときのことをいう。また、「論理」とは、命題 P, Q が、ある変項 x についての言明であり、かつ、 $P \rightarrow Q$ であることをいう。本手法における「言明」とは、あるインスタンスもしくは変項が、あるクラスに属しているということを意味する。

つまり、

事実 : $instance[i] \in class[j]$

論理 : $x \in class[k] \rightarrow x \in class[l]$

を意味する。ここで、

$z \in y$

とは、変項 z もしくはインスタンス z が y なるクラスに属していることを示す。すなわち、(1)はいわゆる *modus ponens* であり、(2)は論理の連鎖である。また、(3)は帰納による推論であり、

$instance[i] \in class[k]$

$instance[j] \in class[l]$

などという事実文の羅列から、

$x \in class[k] \rightarrow x \in class[l]$

なる論理文を生成することを意味する。

今、前項において述べた基礎となる推論が得られた場合、その推論結果は、事実もしくは論理として「推

論結果」を示すデータとして登録される。この推論結果から上記(1)~(3)を用いて別の推論結果が得られる。

2.4. 条件文による推論

「もしも～であるなら…である」というように、前件部と後件部が存在し、前件部が成立すると後件部が成立するという形式となっている文を、条件文と呼ぶ。条件文は、その前件部と後件部の命題の属性によっていくつか分類されるが、おおまかに、「仮定条件」と「確定条件」に分けることができる。前件部がたとえば「佐藤は賢かったの」というものであれば確定条件であり、「佐藤が賢ければ」であれば仮定条件となる。前件部が確定条件であるものは、条件文というよりも、後件部の原因を示す文であると言えるが、本システムでは同じ処理ルーチンで扱う。前件部が仮定条件であるものが、いわゆる "*if A then B*" 形式の文である。

まず、条件文も、他の文と同様に、*de dicto* 様相のデータとして取り扱われる。すなわち「佐藤は賢かったの、その場所には行かなかった」という入力文の場合、『佐藤は賢かったの、その場所には行かなかった』と話者Aは言った」という形式の事実として登録される。このデータから、条件文の部分の論理構成が抽出され、そこで示された論理もしくは事実が、システム本体内の他の論理もしくは事実と整合であるとき、その条件文の論理構成がシステム本体の意味空間内に登録される。ここでも、まず第1段階では、前述の「寛容の原則」に則る。

確定条件の前件部、後件部は、単なる「事実」もしくは「論理」であるため、相応の処理を経て、事実もしくは論理のスロットに登録される。仮定条件の場合は、当然「確定している事実もしくは論理」ではないので、それらとは別のスロットに登録される。

2.5. 反事実的条件文の処理

分析哲学の研究文脈においては、「もしも私が鳥であったならば、空を飛んであなたに会いに行くのに」というような形の文を「反事実的条件文」と呼び、議論が行なわれている[15]。反事実的条件文が重要な論題であるのは、可能世界意味論における因果の成立において、それが重要な役割を果たすことによる。もちろんそれは自然言語処理の研究文脈においても重要な論題ではあるが、ここでは条件文の処理として考える。

"*if A then B*" の形式の条件文において、前件部Aが「仮定条件」であり、かつ「過去時制」である場合、その「仮定条件」は、現実には起こりえなかった事柄であることが明らかである。また、「仮定条件」であることは、「ならば」「もし～ば」などの記号的表現によってほぼ明示されるため、「仮定条件かつ過去時制」であることは、入力文字列から判定可能である。

となれば反事実的条件文の処理とは "*if A then B*"

なる文において、前件部 A が「仮定条件かつ過去時制」の場合の処理のことを意味することになるが、このことからわかるとおり、

[if A (仮定条件, 過去) then B]

は、

[¬A (確定条件) → ¬B]

に、容易に変換可能である。たとえば、前述の例の場合は、(変換後)「私は鳥ではなかったのに、空を飛んであなたに会いに行けなかった」と変換することが可能となる。これは「鳥であったなら」という過去形の仮定条件が、「鳥でなかった」という確定条件に一意に変換可能であることによる。一方「私が鳥ならば、今、あなたに会いに行くのに」は、上記の例には該当せず、変換はできない。ただしこれが反事実条件文であると認識されるのは、「私が鳥ではない」ことが明らかである場合のみであって、このままでは反事実条件文ではない。「佐藤が賢かったならば、それを買わなかったらろう」は、「仮定条件・過去時制」に該当する反事実条件文であり、容易に「佐藤は賢くなかったのに、それを買った」に変換できる。しかし「佐藤が賢いならば、それを買わないであろう」は、反事実条件文ではなく、ただの "if-then" 条件文である。同様に「私が鳥ならば、今、あなたに会いに行くのに」は、単なる "if-then" 条件文であると判定される。その後の処理で、「佐藤が鳥でない」ならば、「あなたに会いに行かない」という推論が得られるのみである。つまり、「反事実的条件文」は「確定条件の条件文」の修辭的表現として処理することで問題ないと考えられる。

3. 自然会話システムへの導入および作動例

3.1. システムの概要

本研究における提案手法を、開発中の自然会話型質問応答システムである ides-VANCS 中へ組み込みを行った。VANCS(Virtual Advisory Natural Conversation System)は、対話者が使用している論理や事実の問題点を指摘することを通して、対話者の問題解決の支援を行うことを目指す質問応答システムである。ides-VANCS においてメタ形式への変換や推論などは筆者らが開発した IDES (Intelligence Driver Enhanced Simulator)をベースにした改良型 ides を用いた [16][17][18]。処理の概略を Fig.3 に示した。

3.2. 作動例

以下に、入力文:「ガリレオは地球は動くと言った。」の場合の例を示した (Table.1, Table.2, Table.3. ※表示は簡略化されている)。

また、Table.4, Table.5 として、確定条件の条件文「佐藤は風邪をひいたので、会社を休んだ。」を入力した場合のシステムの登録データ構成を示した。Table.1~

Table.3 と同じく、入力文の入力者(話者)は "tkd" である。条件文そのもののデータは、話者 tkd の意味空間に登録されている (Table.5)。確定条件の条件文とは、前件部および後件部として提示される二つ (前件部は複数になることもある) の事実の羅列であるが、それが、条件節を示す「ので」などの助詞で接続されていることにより、背景となる何らかの「論理」の存在を推定することができる。システム本体は、その論理を抽出し、新たに抽出されたその論理と、確定条件の条件文前件部の事実から、推測された事実として後件部を置く。その結果が Table.4 の "inference[2]" に示されている。

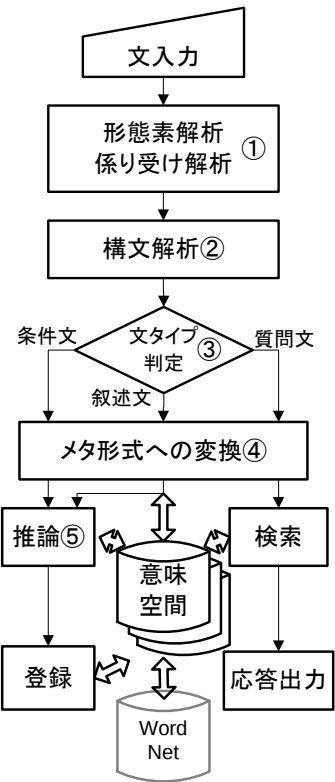


Fig.3

<pre><<<<< Space Data: [tkd - ガリレオ (0)] >>>>> logic total count(s) = 1 logic[0] 前件: 0 ∈ oc[0](=地球) 後件: 0 ∈ oc[1](=動く)</pre>

Table.1

<pre><<<<< Space Data: [ides - tkd (1)] >>>>> fact total count(s) = 1 fact[0]: lfs_count(s)=1 oc[3] Subject: ci[0]: ガリレオ Predicate oc[3] True (oc[3]: (logic[0] in ガリレオ_Space)oc[2]) (oc[2]: 言う 動詞 True)</pre>
--

Table.2

<pre><<<<< Space Data: [original space - ides (1)] >>>>> fact total count(s) = 1 fact[0]: lfs_count(s)=1 oc[5] Subject: ci[0]: tkd Predicate oc[5] True (oc[5]: (fact[0] in tkd_Space)oc[2]) (oc[2]: 言う 動詞 True)</pre>
--

Table.3

<<<< Space Data: [original space - ides (1)] >>>> fact total count(s) = 1 fact[0]: lfs_count(s)=1 oc[8] Subject: ci[0]: tkd Predicate oc[8] True (oc[8]: (conditional[0] in tkd Space)oc[7]) logic total count(s) = 1 logic[0] 前件 : 0 ∈ oc[2]: (oc[1]:風邪 を)oc[0]) 後件 : 0 ∈ oc[5]: (oc[4]:会社 を)oc[3]) inference total count(s) = 3 inference[0]: base_fact.count(s) = 1 base_facts: ci[0] - oc[2] inferred by fact[0] inferred : oc[2]:True past active inference[1]: base_fact.count(s) = 1 base_facts: ci[0] - oc[5] inferred by fact[0] inferred : oc[5]:True past active inference[2]: base_fact.count(s) = 1 base_facts: ci[0] - oc[2] inferred by inference[0] inferred by logic[0] inferred : ci[0]-oc[5]:True past active
--

Table.4

<<<< Space Data: [ides - tkd (0)] >>>> conditional sentence total count(s) = 1 conditional[0] 前件部 fact[0] Subject: ci[0]:佐藤 Predicate: oc[2]:past True (風邪 を)ひく 後件部 fact[1] Subject: ci[0]:佐藤 Predicate: oc[5]:past True (会社 を)休む
--

Table.5

4. 議論

本質的な問題として、推論が「何を目的として」行われるのかということに関連する処理をあげることができる。推論は「この世界のありさま」を明らかにしたり、「世界の（システム本体への）写像」構築したりするためのものではないし、推論によってそのようなものが得られるとは考えにくい。また、自然知能である人間であっても推論によってそのようなものを得られているとは考えられない。本提案手法における推論とは、「ある目的状態を達成するために、どのような言動が効果的か」を発見することでしかない。これを「推論」の矮小化と呼ぶのが妥当とは思わないが、推論によって「世界認識」を得られると考える立場からすればそうなるであろうと思われる。つまり、推論（もしくはなにがしかの論理的操作）によって「世界認識」を得られるのか否か、さらには（仮に得られるとして）

それを目指すことが妥当であるか否かということについて、十分な議論が必要であると思われる。

文 献

- [1] 高田明典, 階層構造意味空間モデルによる知識獲得, 信学技報, Vol.113, No.253, TL2013-46, pp. 31-36, 2013.
- [2] Davidson, D., On Saying That, *Synthese*, Vol.19, No.1/2, pp.130-146, 1968.
- [3] Dummett, M., What is a Theory of Meaning? (I), *The Seas of Language*, 1-33. Oxford: Oxford University Press, 1996(1975).
- [4] 荒畑靖宏 「慎ましい」意味理論と言語内存在—デイヴィドソン, ダメット, マクダウェル, そしてガダマー— 成城文藝(212), 134-101, 2010.
- [5] 高田明典, 現代思想のコミュニケーションの転回, 筑摩書房, 2011.
- [6] Apel, K.-O., The transcendental conception of language-communication and the idea of a first philosophy, in *Towards a Transcendental Semiotics Selected Essays of Karl-Otto Apel, bd.1*, von Eduardo Mendietta(ed.), Atlantic Highlands, New Jersey: Humanities Press, 1994.
- [7] Stalnaker, R., Assertion, *Syntax and Semantics*, vol.9, pp.315-332, 1978.
- [8] Quine, W. v. O., Quantifiers and Propositional Attitudes, *The Journal of Philosophy*, Vol. LIII, No.5, pp.177-187, 1956.
- [9] Kaplan, D., Quantifying In, *Synthese*, Vol.19, pp.178-214, 1969.
- [10] Stalnaker, R., Assertion revisited: on the interpretation of two-dimensional modal semantics, in *Two-dimensional semantics*, Manuel Garcia-Carpintero and Josep Macia(eds), pp.293-309, New York : Oxford University Press, 2006.
- [11] 入江幸男, 信念文における話し手による指示と信念者による指示, 待兼山論叢・哲学篇, vol.37, pp.35-52, 2003.
- [12] 小草泰, 二次元可能世界意味論の展開(1)初期の二次元意味論, 哲学論叢, vol.34, pp.73-83, 2007.
- [13] Fauconnier, G., *Mental Spaces: Aspects of meaning construction in natural language*. Cambridge: Cambridge UP, 1985.
- [14] Fauconnier, G., *Mappings in Thought and Language*, Cambridge: Cambridge UP, 1997.
- [15] Lewis, D., *Counterfactuals*, London: Basil Blackwell, 1986(1973).
- [16] 筒井俊行, 高田明典, 対話型人工知能シミュレーターの基本設計—Intelligence Driver Enhanced System(IDES)の概要, 情報科学技術フォーラム一般講演論文集 2002(2), pp.275-276, 2002.
- [17] 鴻田浩, 高田明典, 対話型人工知能シミュレーターの構築—Intelligence Driver Enhanced System(IDES)の実装に向けて—, 情報科学技術フォーラム一般講演論文集 2002(2), pp.277-278, 2002.
- [18] 遠藤智彦, 大熊昭広, 高田明典, 対話型人工知能シミュレータ(IDES)の基本理論, 情報処理学会第65回全国大会講演論文集, 2003.