メタファーに基づく人工知能
Metaphor Based Artificial Intelligence

月本 洋
Hiroshi Tsukimoto
(株)東芝 研究開発センター
Research & Development Center, Toshiba Corporation

Abstract: This paper briefly describes Metaphor Based Artificial Intelligence:MBAI. First, this paper studies the bounds of symbolic artificial intelligence, that is, the artificial intelligence which can be realized by computer software. The understanding of meanings can be divided into the understanding of meanings from the first person and the understanding of meanings from the third person. The bounds of symbolic aritifitial intelligence is the formal system of the understanding of meanings from the first person, which is the formal system of images. The forms of images are metaphors structurizing experiences. MBAI consists of basic domains, application domains and projections (inference) between the two domains. The biggest difference between MBAI and the conventional AI is that MBAI can deal with the forms of images, that is, the understanding of meanings from the first person.

1 はじめに

本論文ではメタファーに基づく人工知能を提示するのだが、最初に記号的人工知能の限界を検討し、それがメタファーに基づく人工知能であることを述べる。まず「記号的人工知能」という言葉であるが、これは簡単に言えば記号の操作、計算による人工知能のことであり、別の言い方をすれば、現在の計算機上のソフトウエアで実現できる人工知能のことである。ここでいう記号は数値も含む。現在の計算機上のソフトウエアで実現できる人工知能、すなわち記号的人工知能の限界を検討すること、換言すれば記号的人工知能の限界設定の問題が、本論文の最初の主題である。この「現在の計算機上のソフトウエアで実現できる」とは、現在の計算機上でソフトウエアを動かして実現できる、という程度の意味であり、どのように発展するか定かでない将来の計算機を含んでいないし、センサーとアクチュエーターを有して実世界を動き回るようなロボットも含んでいない。以下では「現在の計算機上のソフトウエアで実現できる」を、簡単のため「ソフトウエアで実現できる」と略記する場合もある。また「ソフトウエアで実現できる人工知能」と「記号的人工知能」を同義に用いる。

従来の記号的人工知能は現在までのところ人工知能を実現した、すなわち人工的に自然知能を模倣することに成功した、とは言えない。筆者の基本的な立場は「多分、知能を完全には人工的に実現できないけれども、ある程度までは実現できるであろう」と言う立場である。そしてどこまで記号処理で実現できるかを検討するのだが、この問題を考える際にはドレイファス、サール等の人工知能不可能論者の意見を聞くのは有意義なことである。その人工知能不可能論の主な根拠は、志向性、状況依存性、身体性にかかわるものである。彼らの議論の主な論拠は、知能の本質であると考えられる志向性、状況依存性、身体性を現在の計算機が有していない、もしくは処理できないということにある。志向性とは知能の本質的部分である意識が志向性を有しているということである。状況依存性とは知能が関心、欲望等の支配下で環境、状況に埋め込まれているので、環境から知能だけを分離することは不可能であるということである。身体性とは知能の主要部分が身体に依存していると言うことである。詳細は [27] を参照。

人工知能不可能論者の議論は一言で言えば「現在の計算機が身体、自意識を有していないが故に、意味を理解できないから、(本当の)知能を実現することはできないのである。」と言って良いと思う。ここで言う「意味の理解」とは後述する一人称的な意味の理解である。また本当の知能とはその一人称的な意味の理解ができるような知能のことである。なお、自意識に関しては問題が難しいので等閑視する。

そこで、まず、意味と理解について考察し、我々人間が身体性、状況依存性、志向性を具備していることによって実現しているのが一人称的意味の理解であり、記号的人工知能で実現できるのが三人称的意味の理解であることを述べる。三人称的意味とは記号論的意味、即ち差異であるが、差異で我々の意味がすべて尽くせるわけではない。差異では捉えきれない意味を一人称的意味と命名する。そしてこの一人称的な意味の理解をソフトウエアで実現することが不可能であることについて述べ、ソフトウエアで実現できるのは差異が意味であるような記号操作に基づく三人称的な意味の理解だけであること

を述べる。そしてその三人称的な意味の理解の中で最も一人称的な意味の理解に近いものが最良であるが、これは一人称的な意味の理解の形式である。これがソフトウエアで実現できる人工知能、すなわち記号的人工知能の限界である。そして一人称的意味の理解の形式はイメージ（想像）の形式である。したがって結論は「記号的人工知能、即ち現在の計算機上のソフトウエアで実現できる人工知能の限界はイメージの形式体系に基づく人工知能である。」となる。

知能が記号処理であるとすれば、その限界は、たとえばチューリングマシーンの限界になるが、知能は、記号処理に還元されない部分、即ち、想像力に依存する部分が有るので、その知能は、記号処理とは別の次元での限界を有し、それがイメージの形式体系になる。

ところで、イメージにも形式が存在する。即ち我々は何でも想像できるわけではない。したがってこのイメージの形式を記号的（言語的）に実現することが課題になる。イメージの、即ち想像(力)の言語的形式化を考えねばならない。イメージの言語的側面とはメタファーである。イメージの言語的側面がメタファーであるので、イメージの（言語的、記号的）形式がメタファーの形式となるが、このメタファーの形式とは、カントの先天的な認識形式 [6] の拡張であり [27]、経験を可能にしているようなメタファー、即ちそれなしでは経験自体が成立しないようなメタファーのことである [7], [5]。

ソフトウエアで実現できる人工知能の限界として、メタファーに基づく人工知能 (Metaphor Based Artificial Intelligence:MBAI）を提示するのであるが、それは基本領域とそれが投射される応用領域から成り立っている。特長としては 柔軟性、 オントロジーの高度化、 知識共有の高度化、 意味の生成等がある。MBAI も記号処理システムであり、従来の人工知能との最大の差は、MBAI では、人間の知性の最も本質であると思われる想像(力)の言語的側面であるメタファーの基本領域を形式化（構造化）して扱えるようにしている点である。

本論文の構成であるが、最初に 2 節で意味と理解について考察し、3 節で一人称的意味の理解の形式体系が記号的人工知能の限界であることを述べ、4 節でその一人称的意味の理解の形式がイメージ（想像）の形式であることと、それがカントの認識論の拡張であることを述べる。5 節でイメージの言語的形式であるメタファーについて述べ、6 節でメタファーに基づく人工知能 MBAI の構成と特長等について述べ、最後に 7 節で他の人工知能との比較を簡単に述べる。

2 意味と理解

2.1 記号の意味

記号の中でも中心的な言語（記号）についての記号論の見解を述べる [32]。言語記号はシニフィアンとシニフィエからなる。このシニフィアン、シニフィエは $signifier$ という動詞の現在分詞、過去分詞から作られており、直訳すると「意味するもの」と「意味されるもの」である。シニフィアンは能記とも訳されるが記号表現という日本語をあてる。またシニフィエは所記とも訳されるが記号内容という日本語をあてる。以降記号表現、記号内容を使う。例えば犬という言語記号の記号表現は/inu/という「音」もしくは「犬」という「図」等である。音と図に「」をつけたのは記号表現が物理的な音もしくは図ではなく、心的存在だからである。たとえばわれわれは物理的な音、図を伴わずにイヌを想起できるからである。記号内容はたとえばイヌという概念である。従って記号内容は記号表現と同様に心的存在であり、物質的な犬を指し示すのではない。物質的な犬はレフェラン（指向対象）であり、記号内容とは区別される。なお記号内容は意味とほぼ同義である。

言語記号間の対立関係は言語記号間の差異に基づいている。「すべては対立として用いられた差異に過ぎず、対立が価値を生み出す。[10]」「言語の中には差異しかない。差異と言うと我々はその間に樹立される積極的な事項を想起しがちである。しかし、言語の中には積極的な事項をもたない差異しかない。[10]」例えば犬の意味は現実の犬がいるから決まるのではなく、言語記号の中の猫とかがあるから決まるということである。また例えば英語の $foot/feet$ の $feet$ に複数なる概念を与えるのは $foot$ との対立以外の何ものでもなく、$feet$ に内在するいかなる性質とも無関係である。

2.2 意味の諸説

しかし、言語（記号）の意味は差異だけであろうか。意味に関しては諸説あり、現在のところ万人が同意するような定義はないのではないかと思うので、ここでいくつか代表的な説を列挙しておく。「言語の意味はそれが指し示す現実の対象である。」「言語の意味は個別的な心像もしくは概念である。」「言語の意味は発話を引き起こす刺激、状況と、発話によって引き起こされる聴き手の行動である。」「言語の意味は言語におけるその使用法である。」等 [23] である。しかし以上の諸説はいずれも部分的に妥当であるが、意味のすべてを汲み尽くしているとは言えない。より一般的に意味を定義しようとすれば次のようになるのではないだろうか。「何にせよ見かけは重要でない物事がより重要な物事と密接な関係にあるとわかった時にわれわれは前者が意味を持っているという。すなわちそれは後者-より重要な物事を意味するのである。[3]」例えば/hi/という音はそれ自体では物理的な音に過ぎないが、それを聴く主体である我々がその音を日、火、比等に文脈に応じて結びつけた時に、/hi/は意味を持ち記号になるのである。だから、意味とは、主体がある現象をある文脈においてその現象と結びつけられたそれより重要と見做すなにものかのことである。だからそのより重要ななにものかが現実の対象であろうが、心像であろうが、行動であろうがそれは大した問題ではなくなる [23]。

2.3 理解する文脈と主体

ここで、上の文章の中で二つのことに注意してもらいたい。一つは「文脈」であり、もう一つは「主体」である。文脈に関しては、意味は文脈に依存するということである。これはフレーゲの文脈原理である [4]。すなわ

ち「語の意味は文と言うまとまりの内で問われなければならず、孤立した状態で問われてはならない。」この文脈原理は意味と言う語にも適用されねばならない。「意味という語の意味は文と言うまとまりの内で問われなければならず、孤立した状態で問われてはならない。」となる。すなわち意味とは何かと問うのではなく、意味と言う語が含まれる文の意味を問わねばならないと言うことである。ここで言う文脈とは状況とほぼ同義である。このような考え方は言語をその他の人間の行為とは別のものと特別視して、言語だけ切り放して扱う方法自体への懐疑となり、サール[11]等の言語行為論等へと発展するものであるが、本稿では詳述しない。

次に主体であるが、ある物理的存在が意味を持つにはそれを処理する主体である我々人間が介在すると言うことである。すなわち理解する主体である人間を抜きにして意味に関する理論を構築することはできないと言うことである。理解と言う行為を抜きにしてはいかなる文も単なる図柄でしかない。意味に関する議論をいくら客観的に装ってみても最後のところではそれを理解する我々人間が関与しているのであり、そして関与せざるを得ないのである。我々人間に理解できないような議論は議論にすらなり得ない。理解という行為が非常に我々人間に密着していて、我々自身が気付かないくらい手前にあるので、通常は理解という行為を見逃してしまうが、それを意識的に顕在化しなければならない。したがって意味だけ単独に議論しても無駄であり、意味を議論するときには、その意味と関わる主体であるところの我々人間の理解という行為と一緒に議論せねばならない。

ある事柄の意味はそれと関わる生物ごとに異なる。すなわち各生物毎にその事柄の意味の理解は異なる。たとえば「雨」の意味は人間と花では違う。その事柄の意味、すなわちその事柄の意味の理解は、生物の数だけ存在する。しかし、われわれは通常「意味」とだけ書けば、暗黙のうちにその意味とは我々自身にとっての意味であると決めつけている。しかし人間にとっての意味だけが唯一絶対の意味ではないのである。人間にとっての意味は人間以外の数多くの生物にとっての意味と基本的に同格であり、その中の一つにすぎないのである。だから我々人間は、日常的に我々人間が理解している世界の種々の事柄の人間にとっての意味を、ほぼ無意識のうちにその事柄に措定してしまって、その意味がその事柄固有の性質であり、他の生物にも同じ意味を有し、あたかもその意味が客観的に存在するかのごとく見なしている場合が多いが、そのような先入観から我々自身は自由にならなければならない。

だからある事柄の意味とはその事柄が有している意味ではなく、我々人間との共同作業で成立しているものを我々人間がその事柄に付与しているものなのである。その共同作業の人間側の表現が理解であり、対象側の表現が意味なのである。したがって意味とは何か ?という形での設問は片手落ちであり、、意味の理解とは何か ?という形ではじめて設問となり得るのである。

2.4 一人称的意味と三人称的意味

いままでの議論で、「我々人間にとっての意味」、もしくは「我々人間による意味の理解」という表現を用いてきたが、これをもうすこし厳密に議論するためにここで一人称的、三人称的という概念を導入する[35]。心の概念と同様に意味の理解と言う概念も一人称的と三人称的に分られる。我々は自分で理解という現象を一人称的にわかる。また他者の理解と言う現象を基本的には三人称的にしかわからない。もちろん一人称的な理解を他者に移入して理解はしているが、本当にその他者の理解と自分の理解が一致しているかどうかは外部観測的にならざるを得ない。

一人称的な意味の理解は我々が自分自身で行っている行為、すなわち内部観測に基づくものである。「喉が乾いたときに水がおいしい」という文の意味が理解できるのは我々自身が自分でそういう体験を有しているからであり、直観的にわかるからである。これに対し、三人称的な意味の理解とは他者の行為を外から見て判断する場合である。すなわち外部観測に基づくものである。ある人間が四則演算ができれば、その人間は四則演算の意味を理解していると見なされる。この三人称的な意味の理解とは基本的に差異が意味であるような記号の体系を形式的に処理できることである。なお、この一人称的意味の理解と三人称的意味の理解はディルタイの有名な、生の内面からの「理解」と自然法則に基づいた「説明」という、区別と類似している。

このように考えると、差異であるところの記号論的な意味とは三人称的な意味になる。したがって記号論的な意味で落ちているのは一人称的な意味である。三人称的な意味で満足できないということは、我々が自分で分かってしまっている一人称的な意味がその三人称的な意味に含まれていないからである。別の言い方をすれば、三人称的な意味にはそれを理解する主体とそれを理解する文脈が基本的に抜けている。

一人称的意味と三人称的意味の間には大きな乖離が存在することも強調しておきたい。たとえば、色であるが、簡単のために世界が赤と青の二色しかないとしよう。その場合に二人の人間が同じ色をみて「赤である。」と合意したところで、その当人らが見ている「赤さ」が同じ保証はない。すなわち一方の人間の「赤」が他方の人間の「青」であっても言語的対応さえついていれば言語的同意には何の障害ももたらさない。そしてその言語的対応は通常は幼児の時に母親等の身近な他者から教示されるので、その他者とその二色の色に関する差異さえ一致していれば問題ないのである。言語的には問題なのは差異だけであり、その当人らが見ている色そのものは問題にすらならず、その見ている当人にしかわからない。すなわちその「赤さ」、「青さ」は他人には語り得ないのである。色の三人称的な意味は単なる差異でしかないが、色の一人称的意味はその当人が見ているその色そのものである。このように二つの意味の差は大きいのである。ちなみにこの問題は感覚質の問題である。

三人称的意味の理解は言語（記号）の次元の問題であり、一人称的意味の理解の問題は、正確には感覚と言語の二つにまたがっているのだが、基本的には感覚の次元

の問題である。言語は公共的であり、感覚は私秘的である。言語を用いて行う行為はすべて公共的である。言語を用いて行う行為とは、会話、思考等がある。会話が公共的であることには異論はないであろうが、思考は一人で行うので、公共的ではなく私秘的であると思われるかも知れないが、思考とは自分自身という社会的他者との会話であることに注目すれば、会話の一例、特殊な一例である。思考とは, 私が私と会話をしているのである。その会話は音声や文字は用いていないが、疑似的な音声（内言、聴覚イメージ）か文字（言語イメージ）が頭のあたりに存在する。このような現象に注目すると、考えると言う行為は言葉が自分で展開しているのである。その現象を「私」という主語を用いて表現すると「私が考える」と言う表現になるだけのことである。「人間は自分が仲間とコミュニケーションできる限りにおいて、しかもそれと同じ手段を用いてしか、自分自身ともコミュニケーションできない。私は自分と話すことを、私が他者と呼ぶであろう迂路を通じて学んだのである。私と私の間に媒介者として他者がいる [16]。」これは文学的な表現であるがこれに対応することがある程度実験的にも確認されている [19]。また言語、思考の公共性はヴイットゲンシュタインの私的言語批判とも通ずる [18]。

3 記号的人工知能の限界

3.1 人工知能はどのように批判されるか

1 節で述べた人工知能不可能論は一人称的意味を理解する人工知能を作成できないと言っていることとほぼ同義になることがわかる。すなわち「意味を理解できないから、本当の知能を実現することができない」とは「我々自身が一人称的に意味を理解してしまうような形で、人工知能が理解することはできないので、本当の知能を実現できない」と言っていることと同義である。そして先にも述べたように我々自身が一人称的に意味を理解できるのは、志向性、身体を有しているからであり、これらを所有しないかぎり、一人称的な意味の理解もできないし、本当の知能も実現できないのである。

いくら三人称的に知能をうまく模倣できたとしても、われわれは一人称的にわかってしまうために、「自意識がないから、それらしくふるまっていても、それは本当に理解してそうしているのではない。」とか「志向性がないから人工知能とは言えない。」とか「身体がないので、本当にわかっていない。」等の批判ができるのである。

これがこうもりならばそうはいかない。われわれはこうもりの気持ちはわからない。こうもりの人工知能を作るとすれば、われわれは、外部から観測をして、データを集めて、モデルを作って、データに合うようにパラメータを調整したりするであろう。そしてもしこうもりの人工知能ができたとするならば、それがこうもりの人工知能かどうかの試験は、やはり外部から観測して判断するしかないであろう。こうもりの場合は、人間の場合に使えた自分自身でわかってしまうという方法は、使えないのである。すなわちこうもりの一人称の人工知能は作れないので、こうもりの人工知能を作った場合には、それが正しいかどうかを調べるには外から観測するしかない。

ところで、人間の知能を言語知と暗黙知に分ける場合、ある意味で、言語知が本質的で、暗黙知は非本質的であると言える。なぜならば、人工知能を批判する場面では、我々が一人称でわかってしまうから批判できるのであり、その一人称でわかってしまうのは言語知であり、暗黙知ではない。暗黙知はわれわれ自身にも良く分からないのである。だから、ある人工知能を批判するときには、言語知で批判できても、暗黙知では批判できない。すなわち、ある人工知能の暗黙知が人間の暗黙知と違うという批判はできないのである。

3.2 記号的人工知能では一人称的意味の理解は実現できない

人間の人工知能をどう作ろうが、かならず我々人間は自分で一人称的に理解してしまうので、それは人工知能ではないと批判できるのである。それでは、その批判に答えるにはどうしたら良いか。身体、自己意識を実現すればよいのである。しかしこれは、本論文で検討している記号的人工知能、即ち現在の計算機上のソフトウエア、で実現できるであろうか。筆者の答えは否である。特にそのための証明ができるわけではないが、どう考えても、現在の計算機上のソフトウエアで身体が実現できるわけがない。また現在の計算機上のソフトウエアで自意識を実現できそうにも思えない。別の表現を用いると、我々の身体等はこの世界の因果律等の束縛の中で動いているがゆえに、（一人称的）意味を理解できるのである。これに対しソフトウエアは、その因果律から開放されているがゆえに、即ち、因果律の束縛が無いがゆえに、（一人称的）意味が理解できないのである。このような理解に基づいて本稿では、人工知能を実現するために必要であるとされる身体性、志向性を現在の計算機上のソフトウエアで実現するのは不可能であるという立場を取る。

記号的人工知能にはロボットは含まれていない。すなわち実世界を動き回る能動的な計算機であるロボットによる自己の実現に基づく人工知能の可能性は否定しない。従って「ソフトウエアで実現できる人工知能」はロボットと比較すれば観想的な人工知能といえる。この「観想的」とは動き回らずに座って考えているだけで世界のことを認識しようとする態度のことであり、人間の認識という行為を他の行為と同様な一行為として扱うのではなく、他の行為とは別の特権的なものとして扱う態度のことである。この観想的な態度は近世の認識論の背景に存在するものであり、従来の人工知能も踏襲してきたものである。また将来の計算機による人工知能の可能性も否定するものではない。

3.3 記号的人工知能の限界は一人称的意味の理解の形式である

現在の計算機で、一人称的意味の理解を可能にする人工知能は作成できないとすると、それでは記号的人工知能でできるのはどこまでなのか。すなわち現在の計算機上のソフトウエアで、どこまで一人称的意味の理解に迫れるかという問いが出てくる。その答えは、今まで議論

してきた、差異が意味であるような記号操作の範囲までである。しかし記号体系は種々ある。ある記号体系は全然知能と関係ないかも知れないし、ある記号体系は知能と関係あるかも知れない。われわれは、その記号体系の中で一人称的意味の理解にもっとも近い記号体系を選択したい。そのもっとも近い記号体系の記号処理を計算機上に実現することが記号的人工知能の限界である。そしてその一人称的意味の記号体系にもっとも近い記号体系とは一人称的意味の理解の形式の体系である。

この最も近い人工知能とは、自然知能である人間に現象的にそして機能的に最も近い人工知能という意味である。すなわち良くも悪くも人間に似ていれば良いという立場である。したがって、人間が不得意なことはできなくて良い、もしくはできない方が良いという立場である。

次に、一人称意味の理解の形式がより具体的に何であるかについて述べる。

4　一人称的意味の理解の形式

4.1　一人称的意味の理解と想像

2.2 で「言語の意味はそれが指し示す現実の対象である。」「言語の意味は個別的な心像もしくは概念である。」「言語の意味は発話を引き起こす刺激、状況と、発話によって引き起こされる聴き手の行動である。」「言語の意味は言語におけるその使用法である。」と 4 個の意味の定義を述べたが、このうち前者二つが一人称的な意味であると言える。そしてこの前者二つはどちらも基本的に像である。「現実の対象」は実際の知覚像であり、「心像」は表象、イメージである。

われわれは、たしかに「理解できた。」というような場面ではなんらかの表象を頭の中で作っている。それが作れないときは理解できないと言うことである。そしてその表象を作るときには想像力を使っている。したがって表象できないということは想像できないということである。例えば、「黄金の山」は現実には存在しないが想像できる。しかし「丸い四角」は想像できない。したがって、「黄金の山」は想像できるので (一人称的に) 理解できるけれど「丸い四角」は想像できないので (一人称的に) 理解できないのである。また、3 次元空間は想像できるけど、7 次元空間は想像できない。これはこのような空間的なものばかりでない。もちろん聴覚的、触覚的なものもあるし、さらには他人の気持を理解するときとか、抽象的な文を理解するときでも、われわれはなんらかの表象をあたまの中で描いているのである。このように考えると「黄金の山」、3 次元空間は一人称的に意味を理解できるが、「丸い四角」、7 次元空間は一人称的には意味を理解できず、三人称的にしか意味を理解できないと言える。

しかしこれに対しては、次のような反論があろう。「我々は事物と表象を介してつながっているわけではない。..... ハンマーで釘を打つときに、わざわざハンマーの表象を使う必要はない。釘を打つことができるというのは、「釘を打つ」という行為に私が馴れ親しんでいるからであり、「ハンマー (そのもの)」についての知識があるからではない。[17]」たしかにハンマーで釘を打つときはそうであろう。しかしだからといって「我々は事物と表象を介してつながっているわけではない。」とまで言うのは言い過ぎであって、「我々は事物と表象を介してつながっていない部分もある。」と言うべきである。そこでいま、検討しているのはわれわれが理解する局面である。上記の「ハンマーで釘を打つ」というのを理解するときに、私は何らかのそのような場面を思い浮かべる、即ち表象を描く。したがってやはり理解するときには表象が必要なのである。その行為をするには表象はいらないかも知れないが、その行為を理解するには表象は必要である。そして我々はいま記号的人工知能、即ち現在の計算機上のソフトウエアで実現できる人工知能を考えているので、ハンマーで釘を打つという行為は考察の対象外である。即ち、ここでは言語知を暗黙知よりも重要視する。

想像できるとはどういうことか。それは実際の経験と形式を共有していると言うことであると言える。想像するとは、実際に経験、知覚した事柄を用いて、色、形、大きさ、組合わせを変えて適当な表象を作ることである。そしてそのときに実際の経験、知覚と共有しているものがあり、それはその形式である。そしてその形式を有する経験は可能的な経験であるとも言える。そのような形式を持たないような事柄を想像することはできない。この形式が一人称的意味の理解の形式である。経験の形式と言うと、カント [6] の認識形式と深く関連があるので、後述する。

今までの議論で、一人称的に意味を理解できるとはイメージできる、想像可能であると言うことが分かった。それでは、三人称的な意味の理解と一人称的な意味の理解の関係はどのようになっているのであろうか。実際の我々は、三人称的意味の理解を一人称的意味の理解に基づいて行っている、と言える。即ち、言語的理解、会話、対話等をイメージ等の操作を経て行っている。日常的な多くの場合は、機械的に、即ちイメージ操作を経ずして、三人称的意味の理解を行っているけれど、新しい状況に接した時等はイメージ操作を必要とする。

4.2　イメージ、想像、身体について

一人称的意味の理解はイメージ操作に基づいているが、このイメージ操作は、基本的に身体に基づいている。たとえば [31] には以下の実験報告が記載されている。「たばこに火をつけて口に加えているという想像をする時には唇に筋電図があらわれた。あらわれなかった人はたばこを目で追っていたと言うので、眼筋に電極をあててみると目の動きに相当する筋電図があらわれた。」このように、イメージを描くのはたんに大脳だけが働いているのではなく、そのイメージに関係のある筋肉が参加しているのである。即ちイメージするには身体が必要なのである。これは最近の脳科学の非接触測定 (PET、f-MRI) 等の実験によっても裏付けられている。たとえば [8] は次の報告をしている。「自分のペースで指を使った運動を利き手で実際にやらせるタスク (MP) と想像させるタスク (MI) を 14 人の右利きの被験者に課して、f-MRI をつかって中心領域の活動の強度および空間分布を計測した。コントロールタスクとしては視覚的な想像を行な

わせた。その結果、MI と MP が大脳皮質において神経回路網を共有していることがわかった。」即ち我々はイメージするときに、仮想的に身体を動かしているのであり、イメージを行うには身体が必要なのである。現在の計算機にはこのような身体がないので、現在の計算機はイメージすることはできない。このイメージをそのまま実現しようとすると（知能）ロボットの方向を模索するしかないであろう。

サルトルは想像的意識を、感性的な知覚と概念的な知との間、無意識と反省的意識の間に位置づけた [9]。またイメージとはベルグソン [1] によれば、われわれが感覚器官を開ければ知覚され、閉ざせば知覚はされないが依然としてあるがままに存在する、そういうものであり、つまりは素朴な常識が信じているとおりの物質である。」「物質とはわれわれにとってのイメージの総体である。」となる。イメージとはものの形もしくは輪郭だけなのではなく、もののまるごとの姿, その姿のうちにある質（物質）を備えているのである。さらに、イメージは慣性、惰性等の物質性を備えている。これはイメージ操作が仮想的な身体運動であることからもわかる。このようなイメージは二つの面（感性と概念）を有するので、これが認知科学でのイメージ論争につながると考えられる。また、この二つの面（感性と概念）は記号とパターンの統合の問題や、記号定礎問題（Symbol Grounding Problem) と密接に関連する。さらに、このイメージの二面性はカントが指摘した、悟性と感性の両方に関わる図式の必要性、そのものである [6]。

上記の議論より、ソフトウエアは身体、感性、想像力等を有していないがゆえに、イメージ操作ができない。さらに、イメージ操作ができなければ、一人称的意味の理解ができないということになり、ソフトウエアでできる人工知能の限界が一人称的意味の理解の形式、即ちイメージの形式となるのである。

イメージは心理学もしくは認知科学的には幾つかの解釈が可能であろうが、そのような解釈は記号処理の一種であり、その記号処理を行うときにもやはりイメージが必要である。前述したように、知能を「現象的に」扱うため、イメージは人間の記号処理の最も基本的な要素であり、他のもので解釈されるような 2 次的なものではない、と言う立場を取る。

4.3 先天的な認識の形式について-カントの理論-

カントは純粋理性批判で経験を可能にしているような条件、形式を明確にしようとした。理性がどこまで語り得るのかを、即ち理性の限界を設定しようとする試みを行なおうとした。議論の細部には、現代には通用しないところもあるが、理性の限界設定に関わる議論は、今日でも示唆に富むものであり、その有効性は否定できない。

カントの議論は、我々人間が知覚、認識している通りに世界は存在しない、ということであり、我々人間は種々の知覚、認識の形式を有しているのであり、それらの形式は経験によって得られるのではなく、先天的に有しているのであり、我々の知覚、認識はそれらの形式を通してしか可能ではないということである。即ち、われわれはすべて経験から学ぶのではなく、その経験をそうとしか経験できないような先天的形式がわれわれに備わっていると言うことである。別の言い方をすれば外界の存在の形式を人間の認識の形式に転換したのである。カントは自分の理論を経験的実在論であるけれども超越論的観念論であると言っている。これは経験的に、即ち常識的に考えた場合の対象の実在性を否定はしなけれども、超越論的には、即ちメタ的にはその対象の観念性を主張するものである。その先天的な認識形式は感性の形式と悟性の形式にわけられる。

感性の形式としては時間と空間がある。3 次元空間は普通に考えれば世界の存在の形式である。しかしすこし考えてみれば、その 3 次元空間は我々人間の認識形式であるかも知れない。即ち、我々人間が世界をそう見ているだけで、「本当に」世界が 3 次元として存在していないかもしれない。ひょっとすると我々人間より高等な知性が存在しその知性にはこの世界は 6 次元に見えているかも知れないし、空間、次元とは全く異なる枠組で世界と接しているかも知れない。

悟性の形式としてはいくつかの純粋な概念であるカテゴリーとそのカテゴリーを客観的に使用するための数個の原理がある。このカテゴリーは現在で言えば論理である。現在の論理学との厳密な対応は取れないが、たとえば、分量は述語論理の存在記号、全称記号と関連するし、関係は述語記号と関係するし、様態は様相論理と関連する。当時の論理学のレベルからしても、カントのこのカテゴリーの部分にはそれほど忠実である必要はないであろう。後述するが、この部分は論理であり、その論理もメタファーの一種として取り扱う。

また、上記の原理は、カントによれば、先天的な認識を基礎づける先天的な総合判断を言うが、これは対象の対象性を可能ならしめるものとして捉えられ、それゆえ、上記の原理は対象の対象性の制約であり、換言すれば、経験一般の可能性の制約である。上記の原理は後述するメタファーにつながるものである。たとえば直観の公理の原理、知覚の先取的認識の原理は空間のメタファー、存在のメタファー、容器のメタファーにつながるものである。

4.4 経験の形式、メタファー

ところでこのような形式は本当に先天的に人間に具備されたものなのであろうか。後天的に学習等で獲得した形式ではないのであろうか。これに関しても、多くの議論があり、後天的であると言うものも、先天的であると言うものもいる。しかし発生心理学的な議論、もしくは哲学的な議論をひとまずおいておいて発育終了後の普通の人間に話しを限定すれば上記の 3 次元空間みたいな経験の形式は「先天的」であると言って良いであろう。後天的であるか先天的であるかのいつ終わるともしれない議論に拘泥したくないので、そのような形式を発育終了後の通常の人間が有していれば良いとする。これは先天的認識形式の非先天的認識形式への拡張を意味する。

つぎにその認識形式であるが、たとえば空間と言う形式が存在形式なのか認識形式なのかは議論のあるところであり、どちらが正しいかは決着がつかないかも知れな

い。本稿では、やはりこのような議論に捕らわれたくないので、これらの形式が存在形式か認識形式かは議論せず、経験の形式として理解しておく。例えば、空間と言う形式が存在形式か認識形式かはわからなくても、我々人間の経験の形式であることは否定できない。即ち我々人間には世界は 3 次元に見えるのであり、我々人間は世界を 3 次元空間として経験、理解しているのである。

さらに、経験の形式を究明するには、カントのように純粋意識だけの制約を考えているだけでは不十分である。知覚の制約としての身体、さらには人間の日常的な関心を究明する必要がある。そして客観的に妥当し得る経験の形式を求めるには、言語に先立つ意識、内観において問うのではなく、言語自身において問わなければならない。したがって、もともとカントでは心理次元にあった問題設定を心理次元から言語次元へ転換せねばならないことになる。

以上のように問題設定を転換すると、我々の求める経験の形式とは、我々人間の経験を可能にしているような、即ちそれなしでは経験自体が成立しないようなメタファーになる。

5　メタファーについて

5.1　死んだメタファー

メタファーには生きたメタファーと死んだメタファーがあるが、我々の言語表現そのものを支えている、必須の、即ち経験を可能にしているようなメタファー、（多くは死んだメタファーであるが）が重要である。ここで言う死んだメタファーとは「彼は一匹狼だ。」のような文学的なメタファーではないと言う意味である。たとえば「彼女の気持ちは私に伝わって来なかった。」は導管のメタファーである。「気持ち」が「彼女」と「私」をつなぐ導管の中を「伝わって来る」と表現していて、「気持」を「導管の中を伝わるもの」のイメージで捉えている、即ち、想像しているのである。この例からも分かるように、メタファーはイメージの言語的側面であると言える。このようにメタファーで我々は表現するし、さらに言えばこのようなメタファーを用いずに表現することは困難もしくは不可能である。[7] では、「思考過程はメタファーで成り立っている。」「概念体系がメタファーによって構造を与えられ、規定されている。」と述べている。

次の文は [21] に載っている長尾真「人工知能と人間 [28]」の一部分である。

> 人工知能研究は人間の知的活動がどのようなものであるかをコンピュータプログラムで模擬的に実現することによって、その内容を明らかにしようとするものである。これは公理論的立場、経験主義的立場のいずれにも共通しており、両者ともにこれを実現するのに記号を基礎におく。これには記号論的立場の記号という意味が含まれてはいるが、もっと単純にアナログに対するディジタルという意味合いが強い。…」

$$\begin{tikzcd} L1 \arrow[r, "\text{言語的解釈}"] \arrow[d, "\text{写像}"'] & L2 \arrow[d, "\text{写像}"] \\ W2 & W1 \arrow[l, "\text{現象的解釈}"] \end{tikzcd}$$

図 1: メタファーと世界

上記の文の太字はメタファーであり、具体的には次の通りである。

[もの]:存在のメタファー

[内容]　:容器のメタファー

[明らか]　:視覚のメタファー

[立場]　:空間のメタファー

[共通]　:空間のメタファー

[両者]　:擬人のメタファー

[基礎]　:建築のメタファー

[含まれ]　:空間のメタファー

[対する]　:空間のメタファー

[強い]　:力のメタファー

この例からも、メタファーは非常に多く使われていることがわかる。抽象的な表現は一般的にメタファーに基づく表現であり、身体性等に基づく（共同）主観的な表現であるとも言える。また、メタファーを理解するときに、我々が想像力を使っていることが、この例からもわかる。

5.2　半命題としてのメタファー

これらのメタファーは、文ではあるが、必ずしも命題ではない。ここで命題とは、真理値を持つ文のことである。「彼は犬だ。」を命題として扱い、字義通り解釈すればこの文は偽である。また「彼女の気持ちは私に伝わって来なかった。」も同様であり、この文を命題としてして扱い、「伝わる」を字義通り解釈すればこの文も偽になってしまう。このように、メタファーを命題として扱えば、メタファーはほとんど偽になってしまう。このように、メタファーは命題として扱うことも形式的には可能であるが、そうすれば我々の言語行為が機能しないので、実質的には不可能である。このような文を半命題と呼ぼう。メタファー等の半命題は、命題のように何らかの解釈 (L1 → L2) に基づいて現実世界に照らし合わせ (L2 → W1) て、真か偽かを判定されるような文ではなく、その逆に、その文が真であるように現実世界を解釈 (W1 → W2) せざるをえないような文なのである（図 1 参照 [20]）。

このような半命題は、メタファー以外にもある。たとえば「わたしは人間である。」というような文である。こ

の文を命題として扱おうとすることは可能である。即ち、何らかの解釈に基づいて、この文を解釈して真か偽かを判定しようと試みることは可能である。判定を試みることは可能でも、判定するのは不可能であろう。我々は自分が人間であると言うことを前提にして生きているのであって、このようなことを疑問の対象にすることはできても、それはそのようなことができると言うだけで、現実にそのような疑問に答えることはできない。「わたしは人間である。」というような文は疑問の対象になるような文ではなく、むしろそれが真であるとしなければ、即ち、そのように信じなければ、我々自身の生活、知識体系が成立しないような文である。即ち、「わたしは人間である。」は我々の言語行為の前提であり、我々の言語行為を支えているのである。このような文は、真偽を問われるのではなく、他の真偽を問えるような文、即ち、命題を解釈するときに使われるような文である。多くのメタファーも同様であり、他の真偽を問える命題を解釈するのに使われるような文である。

このように考えてくるとメタファーを始めとする半命題は従来のモデル論的意味論が問わずに所与のものとしてきた記号とモデルの対応関係を具体的に与えるものであることがわかる。すなわち、モデル論的意味論を補完するものであるともいえる。

メタファーがイメージの言語的側面であることは、メタファーが言語（記号）とイメージ（パターン）の両方に関わっていることになる。即ちメタファーは記号とパターンの統合の中心的問題となり、記号定礎問題 (Symbol grounding Problem) を解く大きな鍵となる。さらに、イメージは慣性、惰性等の物質性を備えている。これはイメージ操作が仮想的な身体運動であることからもわかる。対象が全く物質性のない記号であれば基本的に（古典）論理計算の対象になる。対象が物質性を備えていればその対象は事象となり、確率計算の対象になる。この観点からすれば、イメージ操作は、そしてその言語的側面である半命題のメタファーの「計算」は、（古典）論理計算と確率計算の間に位置することになる。このように、メタファーに基づく人工知能が、記号/パターン統合、記号定礎問題の中心的主題になる。

5.3 メタファー理論について

メタファーに関しては種々の理論があるが、ここでは簡単に概観する。詳細は [7]、[5]、[20]、[22] 等を参照。

「あの学者は政治家のようだ。」のように「ような」「ごとく」を用いた、ある物事を別の物事と比較して表現する方法を直喩という。「あの学者は政治家だ。」はメタファー（隠喩）である。メタファーは、直喩の「ような」「ごとく」が省略された短縮形であるというのが、比較説である。類似説とも言われる。この説がもっとも長く受容されてきた説である。この説では、「A は B である。」の A の意味も B の意味もすでに確定していて、その二つを比較しているだけであり、隠喩によって新しい意味を創造するということはない、としている。これに対して, ブラック [2] 等は、メタファーおよびメタファー的想像力が、われわれの経験に新しい構造を創造すると主張した。すなわち、メタファーはあらかじめ存在する類似性を報告するのではなく、その類似性を現実に創造するのであり、メタファーはすでに存在する概念の単なる別の概念での言い換えではなく、新しい概念の発見であり、創造なのである [20]。

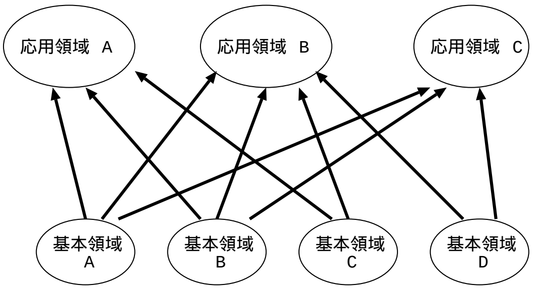

図 2: メタファーの構成

メタファーに関する理論はレイコフとジョンソンの「レトリックと人生」[7] によって大きく転換した。彼らは日常言語の存在基盤にメタファーを見た。例えば「意味が伝わらない」は「意味」を導管の中を流れるものとして表現している。即ちここでは「導管のメタファー」を用いている。このような装飾としてではない日常のメタファー、思考や行動を条件付けている本質的・深層的認識への転換を彼らは強調した。しかし瀬戸は「レトリックと人生」を以下の 3 点で批判する [22]。1. メタファー以外に、概念体系を構成すると考えられるものは換喩（メトニミー）、提喩（シネクドキ）等いくつかあるにもかかわらず、メタファーを偏重している。2. 普遍性の観点が欠落している。3. メタファーの種類が未整理である。これらの問題は現在そして今後の課題である。

6 メタファーに基づく人工知能 MBAI

メタファーに基づく人工知能 MBAI の素描を行う。このシステムは単独で何か現実的な問題を解決すると言うわけではなく、他の具体的なシステムと一緒に、そして背景で動くものである。

6.1 メタファーの構成

基本領域とそれが投射される応用領域から構成されている。図 2 参照。基本領域に関しては、レイコフ [7]、ジョンソン [5]、瀬戸 [22] 等がいくつかの領域を挙げているが、それぞれ異なる。例えばジョンソンが挙げた基本領域は以下の通りである [5]。
容器、妨害、力の可能性、道、周期、部分-全体、充満-空虚、反復、表面、バランス、対抗力、牽引、つながり、遠-近、境界、適合、接触、対象、強制、制止の除去、質量計算、中心-周縁、はかり、分割、重ね合わせ、過程、集められたもの
応用領域とは上記の基本領域が投射される領域であり、例えば、経済、教育、政治等の領域がある。

6.2　基本領域の形式と構造

各基本領域にはその形式が存在する。「形式」とは、記号操作できる部分のことである。別の言い方をすれば、外部観測可能で、言語的に語り得る部分のことである。さらに別の言い方をすれば、差異として外部的に公共的に記述できる部分である。例えば、包含のメタファーの形式は（古典、直観主義等の）命題論理である [25]。例えば空間メタファーで包含の次に基本的なメタファーであると考えられる上下に関する形式の一つは、上下を導入したベン図、即ちある方向に非対称なベン図の包含に関する、命題論理と同様の形式的な体系になるであろう。別の形式としては様相演算子を用いた形式も考えられる [5]。建築のメタファーの形式としては、設計、基礎、主構造（床、壁、屋根）、副構造（柱、窓、ドアなど）が考えられる。これはいわゆるオントロジーである [24]。したがって、論理とオントロジーとはメタファーの基本領域の形式としては同一視される。この基本領域の形式は一意に決まらない。包含の形式として古典命題論理と直観主義命題論理の二つがあるのがその例である。

包含の基本領域は命題論理で形式化できるが、建築、道等の多くの基本領域は包含と比較すれば複雑なので、命題論理のようにきれいにもしくは単純に形式化できないと予想される。認知言語学の研究で、我々自身は形式的な構造ではなく、プロトタイプ、家族的類似性に基づく「ファジー」な構造を用いていることが判明されつつある [13]。ここで「構造」について「少し述べる。ここでの「構造」とは雑な言い方だが、不明確な「形式」ほどの意味である。実際の表現では、「形式」が離散的な記号の集合とその操作系であるのに対し、「構造は」は連続的な記号の集合とその操作系である。このプロトタイプとは典型例であり、家族的類似性とは、古典的な集合論みたいに、ある族に所属するか所属しないかが明確に決定されるような集合ではなく、一種の「ファジー」的な集合を形成していることである。したがって、より現実的な構造は数値を伴ったネットワークになる。たとえば家具であるが、図 3 は家具の形式的な構造であるが、実際にはこのように整然とした形式があるわけではない。たとえば、歯医者の椅子は家具としてはかなり例外的である。また歯医者の椅子は家具という上位概念ではなく歯科道具という上位概念にも属す。家具の典型例（プロトタイプ）はたとえば食卓、ベッド等であろうが、同じ家具でも電話、まくらはその帰属度が低いと言える。したがって我々の頭の中にある各メタファーの基本領域の構造は、図 3 の家具の図のような形になっているわけではなく、帰属度等を伴ったネットワーク構造、たとえば図 4 のようになっている。図中の数字は帰属度である。すなわち基本領域の構造は、数値を伴ったネットワークであり、これはパターンと見なし得る。

6.3　応用領域の構造化

「基礎理論に関する議論の論争に多大な時間を浪費するには無駄だ。」と言う文では基本領域から応用領域へ、建築 → 理論（基礎理論）、戦争 → 議論（論争）、金 → 時間（浪費）等の投射がある。またこの投射は組合せ的な投射（建築、戦争 → 理論、議論）である。この投射が頻繁に使われているのが、死んだメタファーであり、あまり使われないのが生きたメタファーである。そして頻繁過ぎて固定化されたような投射は死んだメタファーというよりは、基本領域に戻ることが語源を知ることになるようなものであろう。さらに初めて使われるような投射は文学的なメタファーである。

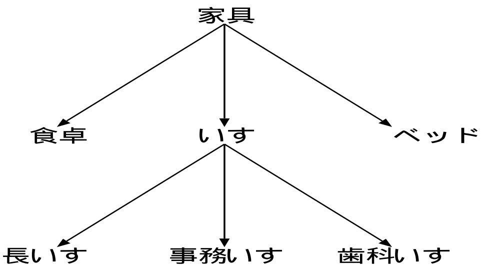

図 3: 家具 1

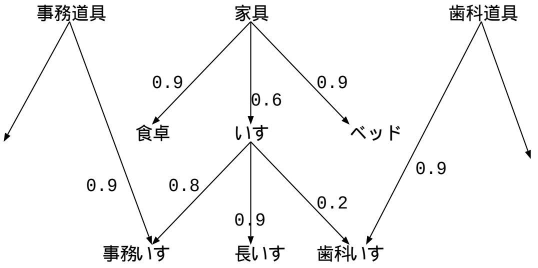

図 4: 家具 2

上記の例では「理論」の領域が応用領域であり、その領域の構造が「建築」、「戦争」の構造で構造化されているといえる。このように応用領域は基本領域によって構造化される。そして前項で述べたように各基本領域の構造がネットワークであるならば、応用領域の構造もネットワークになる。

以下で簡単に応用領域と基本領域の構造について述べる [30]。レイコフとジョンソンは、応用領域は、基本領域の構造が投射されてはじめて構造化されると主張した [7]。これに対して、ターナーは応用領域に投射されない基本領域の構造が存在すること、応用領域の投射によらない構造を重視した [14]。また複数の基本領域の構造の応用領域への組み合わせ投射を混合 (blending) という認知操作して扱うことを主張している [15]。この混合とは、言語的、非言語的両方の現象に見られる概念投射 (conceptual projection) で, 複数の入力空間から共通する構造を汎用空間として抽出するとともに、入力空間の要素を選択的、非合成的に統合し融合空間を構築することを言う。

基本領域の構造と応用領域の構造に関して現在言えるのは、複数の基本領域の部分構造が応用領域に投射され、

応用領域の固有の構造と融合している、ということであろう。ある応用領域がどの基本領域で構造化されているかは、その時の状況に依存する。たとえば、「理論」でも理論の構成を主眼にしているときは「建築」の構造で主に「理論」が構造化されるであろうし、理論の歴史、展開等を主眼にしている時には「教育」の構造で「理論」が主に構造化されるであろう。したがって、ある領域がある時点でどのような構造になっているかは、すなわち、どのような（複数の）基本領域の構造が投射されているかは、その領域の問題でもあるが、その領域の外側の問題、すなわち現実の人間の集団が行っている会話、議論等の主題、関心の問題であるとも言える。

包含の基本領域の形式（構造）によってある応用領域が構造化されるとは、その応用領域が包含の形式である命題論理で語られるすなわち推論されると言うことである。たとえば、その応用領域のある文に対して命題論理の推論規則を適用して別の文を導く、ということである。このように、ある応用領域がある基本領域で構造化されるということは、その基本領域の形式で推論されると言うことである。構造化は静的な面であり、その動的な面もしくは運用的な面が推論であると言える。

上記のようなネットワーク構造は、たとえばニューラルネットワークで実現できる。基本領域の構造がニューラルネットワークであれば、応用領域もニューラルネットワークで構造化されることになる。そして推論もニューラルネットワークの推論ということになるが、これは基本的に実現可能である [26]。

6.4　形式的表現と自然言語表現

メタファーに基づく人工知能を構成するときには、応用領域の自然言語の（表層的）表現にそれほどこだわるべきではないと思われる。応用領域の各々の自然言語表現よりも、その応用領域に投射された基本領域のオントロジーでの位置づけの方が重要である。例えば、「この文章の意味が伝わる。」は導管メタファーであるが、これのメタファーレベルでの表現の一例は「動き（導管 → 文章）」となろう。これは導管メタファーを文章に投射して、その動きに注目しているという表現の一例である。すなわち「意味」、「伝わる」等の自然言語の語彙よりも、メタファーは「導管」であり、表現されていることが「動き」であることの方が重要である。たとえば「この文章の意味が伝わる。」は「この文章の意味が通じて来る。」という類似の表現で代替可能である。自然言語の表現では「伝わる」と「通じてくる」は違う言葉であり、上記の二つの文が同等であるとみなすには、それなりの処理が必要である。しかし、メタファーとしては、どちらも「導管内をものが動いている」とみなすので、そのような処理は不要である。なお、一つの自然言語表現に対応するメタファー表現は一つではなく複数存在する。逆に一つのメタファー表現に対応する自然言語表現も複数存在する。本項の議論からもわかるように、メタファーに基づく人工知能では、各語彙よりもその基本領域の体系、形式、構造等の方が重要である。さらに言えば、（記号的）人工知能にとっての意味とは、記号論的な意味すなわち差異であり [32]、複数の記号処理系（上記の場合には各領域の体系等であるが）間の差異であり、個々の（表層的な）自然言語の語彙は単なる人間向けの註にしか過ぎない。たとえば、包含の形式である命題論理の（記号論的）意味は、それ単独では、無いのである。なぜならば、それと比較されるべき他の形式が存在せず、差異が存在しないからである。上下の形式、もしくは導管、建築等の形式が存在してはじめて、包含の形式である命題論理は、比較されるべき他の形式を有するので、（記号論的）意味すなわち他の形式との差異を有し、意味を有することになる。我々人間は身体があり想像力があるので、各々の形式単独で意味すなわちその形式が指し示す現実世界の事柄をわかってしまうが、計算機で実現される人工知能には身体がなく想像力がないので、それができない。

6.5　基本領域の遡及不可能性

メタファーに基づく人工知能が記号的人工知能の限界であることをここで再確認する。メタファーの（応用）領域の表現は基本領域に遡及することができるが、メタファーの基本領域はそれ以上他のある領域によって表現することはできない。この基本領域を理解するには言語の外に出なければならない。即ち感性レベルでの理解を必要とする。カントの言う、悟性と感性の両方に関わる図式が必要である。人間は個々のイメージ（表象）を抱くことはできても、一般的なイメージ（表象）を抱くことはできない。これに対し、言語レベルでは一般的な概念（犬、三角形等）しか存在しない。イメージ（表象）は感性の対象であり、言語は悟性の対象である。この感性と悟性の間には飛躍が存在するが、この両者に関わっていて、これらをつなぐものがカントの言う図式であり、この図式を処理しているのが人間の想像力である [6]。

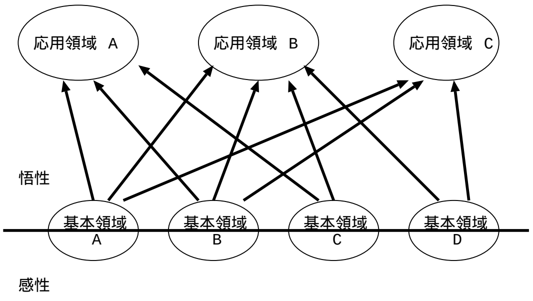

図 5: 基本領域の遡及不可能性

7　メタファーと論理の関係について

7.1　包含の形式としての命題論理

命題論理は通常は、文単位の論理、もしくは（かつ、または等の）接続詞の論理と考えられている。しかし論理を想像力の言語的側面であるメタファーの形式化であるという観点から考えると、命題論理は空間メタファー

の中で最も基本的な包含のメタファーの形式化である。ベン図(図5)は命題論理を理解する時に補助的に使われる図であるが、単なる補助手段でなく、基本的なものであることを主張したい。なぜならば、我々は命題論理の計算規則なしで、このベン図だけで包含は理解できる。しかし、ベン図なしで命題論理の計算規則だけで包含を理解することは、非常に困難であるか不可能である。したがって、命題論理よりもベン図の方が我々人間の理解にとって、より基本的なものなのであると言って良いと思う。

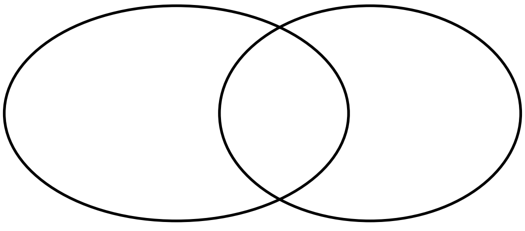

図 6: ベン図

命題論理と言っても、古典、非古典いくつか存在する。古典命題論理はベン図の線の部分を独立したものとみなさない包含の形式化であり、直観主義命題論理はその線の部分を独立したものとみなした包含の形式化である。その他の非古典命題論理のいくつかはこのような解釈ができるかも知れないし、また別のいくつかはこのような解釈ができないかも知れないが、それは重要な問題ではない。なぜならば非古典命題論理は古典論理の規則を部分的に除去等して作られたものであり、包含等のメタファーの基本領域と対応が取れるように、その規則の除去はなされていないからである。したがって、包含等のメタファーの基本領域と対応がとれないような命題論理は、記号論理であることには間違いないが、現実世界での理解可能なモデルを持てないので、単なる記号操作体系にしか過ぎないと言って良いと思う。

7.2 論理と自然言語の対応について

次に、古典論理 (以下「古典」を省く) と自然言語の関係について簡単に触れる。通常、雑な言い方をすれば、論理は自然言語の形式化であると言われている。しかし我々人間は、ものを考えるときは自然言語を用いてはいるが、想像力すなわちメタファーに基づいて考えているのであるから、「ものの考え方のパターン」である論理は、自然言語の形式化であるというよりは、想像力すなわちメタファーの形式化であると言える。

論理と自然言語の間には乖離がある。論理和、論理積、論理的否定、論理的含意等の論理接続詞が自然言語の接続詞と対応がとれないと言う問題が存在している。例えば最も典型的なのが論理的含意であり、論理的含意の違和を除去するために適切論理と言う論理も研究されている。あまり議論されないが、論理的含意以外の論理接続詞にも違和がある。例えば論理積は日本語の「かつ」と対応するが、英語の “AND” とは対応しない。たとえば “He is ...” に対して、“He and she are ...” となり、“AND” により量的に増えるが、これは論理的 “AND” とは合致しない。英語の “AND” は日本語の「かつ」と「と」に対応し、「と」は論理積とは対応しない。また “OR” に関しても、“He or she is ...” であり、”OR” により量的に増えないが、これは論理的 “OR” と合致しない。しかし上記のように、命題論理を包含のメタファーの形式化であると考えれば、論理は自然言語の直接的な形式化ではなくなり、論理的接続詞が自然言語の接続詞と対応がとれていなくとも良いことになる。即ち自然言語と論理が対応つかなくて良いわけである。図 6 参照。否定に関しても同様に、論理的否定と自然言語の否定は対応がつかない。

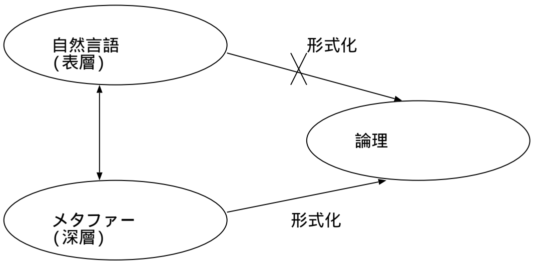

図 7: メタファー、自然言語、論理の関係

7.3 述語の「命題化」

さて、次に述語であるが、ところで「A は B に含まれている」を $In(A,B)$ と 2 項述語 In を用いて書くこともできる。以降、簡単のためにこの記法を述語記法と言う。ところで包含は、現在の命題論理の論理和、論理積、否定を用いなくても In のような述語を用いて述語記法で書ける。しかしこれを述語記法とせずに特殊な記号としたのは、これらが最も基本的な空間メタファーである包含のメタファーの形式化だからであろう。そこで以下で、現在の命題論理と述語記法について簡単に比較する。$In(A,B)$ とソフトウエアで実装しても、計算機にはその包含の意味はわからない。しかし、ブール代数でも、形式体系の LK でも良いが、命題論理の形式操作をソフトウエアで実装すれば、計算機は少なくとも、包含の意味は分からなくとも、包含の形式操作はできる。

$In(A,B)$ と書いただけでは、他の表現との違いはない。$In(A,B)$ ではなく、$Out(A,B)$ と書いてもスペルの違いを除けば同じである。人間はこの In, Out という英語表現から内、外を読みとれ、現実世界の内、外を想起することができるが、計算機にはそれができない。個々の (表層的な) 自然言語の語彙は単なる人間向けの註にしか過ぎない。計算機にわかるのは単にスペルの違いだけであるが、我々が計算機に分かってもらいたい違いはスペルの違いではない。しかし、例えば $In(A,B) \wedge Out(A,B) = \perp$ と書けば、In, Out に他の記号操作とは違うなんらかの関係を与えたことになる。勿論 $\wedge, =, \perp$ はこの式で同時に定義されることになる。包

含に関するこのような関係をきちんと与えたのが命題論理である。この命題論理の形式操作が他の形式操作と違う点が命題論理が包含の形式的な「意味」を有すると言うことである。

述語記法で表現可能な包含が命題論理として形式化できるのであるから、他の述語もその（基本）領域の形式化を行なうことで「包含」のように「命題論理」で記述することが可能ではないかと考えられる。これは現在の述語論理で述語表現されている述語を「命題論理化」することを意味する。このような「命題論理化」により、計算機はその述語の「意味」を理解できるのである。たとえば、$Father(x)$ と書いても計算機は父親の「意味」は分からない。父親、母親、子供等の家族に関する関係を定義することによって、はじめて父親の「意味」が計算機には分かるのである。

7.4 差異に基づく意味

前項で述べた「意味」とは、差異に基づく（記号論的）意味のことである [10],[32]。包含の形式化である命題論理と上下の形式化である論理（これを「上下論理」と呼ぶ。）は記号操作の体系が違う。記号処理の範囲では、この記号操作の差異が意味なのであり、これ以外の意味は有り得ないし、これ以外もしくは以上の意味を求めるには現実が必要である。モデル論的意味論は、現実を理解している人間にとっては意味論であるかもしれないが、現実を理解していない、すなわちイメージできない計算機にとっては意味論ではない。計算機にとっての意味とは記号操作の体系の差異だけなのである。たとえば、包含の形式化である命題論理の（記号論的）意味は、それ単独では、無いのである。なぜならば、それと比較されるべき他の記号操作体系、論理が存在せず、差異が存在しないからである。上下を形式化した論理（たとえば様相論理）、もしくは導管、建築等の領域の形式的記号操作体系が存在してはじめて、包含の形式化である命題論理は、比較されるべき他の記号操作体系を有するので、（記号論的）意味すなわち他の記号操作体系との差異を有し、意味を有することになる。我々人間は身体があり想像力があるので、各々の基本領域の意味すなわちその領域が指し示す現実世界の事柄をわかってしまうが、計算機で実現される人工知能には身体がなく想像力がないので、それができない。

上記のように、差異に基づく意味論を展開する必要があるが、それにともないモデル論的意味論は重要でなくなる。モデル論的意味論が重要でなくなると、完全性等も重要でなくなる。すなわち証明と真偽との対応はそれほど重要ではなくなる。その代わりに不完全性が重要になってくる。実際の人間の記号処理は完全ではない、すなわち正しいことでも証明できないことが多い。したがって、どのように不完全であるかがむしろ重要なのである。このためには情報（量）的検討が重要である。現在の情報理論は確率の上に構築されているが、我々の日常生活での文章（命題）が相互に情報を伝達するために使用されるものであることを考えれば、文章（命題）上に情報量が定義されていても良いし、むしろ定義されているべきなのかも知れない。不完全性は、たとえば直観主義論理のブール代数に対する不完全性等の形で議論される。

7.5 代入とプロトタイプ

述語の代入に関しては、記号操作としての代入処理は一人称的にはプロトタイプで理解していると言える。たとえば、父親（$Father(x)$）は括弧の中に誰か入れればその誰かの父親になるが、述語「父親」を一人称的に理解するときには、即ち想像するときには、通常は自分の父親を想像する。他の例としては、家具でも同様であり、家具という概念はその典型例（プロトタイプ）で（一人称的に）理解するのである。また、たとえば、

「坊主が屏風に坊主が屏風に書いた坊主が屏風に書いた坊主が屏風に書いた坊主の絵を書いた」

の文は、

「坊主が 屏風に （（（坊主が 屏風に 書いた）坊主が 屏風に 書いた）坊主が 屏風に 書いた） 坊主の絵 を書いた」

と構造化され、それなりに理解できる。「坊主が屏風に書いた」は文法的には何回でも挿入できる。即ちわれわれはそのような文を文法的に正しい文として受け入れねばならない。即ち、我々はそれを理解せねばならない。しかし、あまりにもその挿入の数が多くなると、我々は理解できなくなる。我々はそのような文を理解できると言うべきなのであろうか、理解できないと言うべきなのであろうか。この問題は、そのような文は三人称的には理解（記号操作）できるけれど、一人称的には理解（イメージ）できないということで整理できる。数理論理学に基づいた記号処理の方法では上記の文の代入は何回でもできる。これは三人称的に理解できる、すなわち記号操作できるということに対応する。これに対し、上記の文は一人称的には理解できない、すなわち想像できない。人工知能の記号処理は、この「一人称的には理解できない、すなわち想像できない」に対応する記号処理が望ましいのである。すなわち、自然知能である人間が何回も挿入のある文を一人称的に処理できないのであるから、自然知能の模倣である人工知能もそのような文は処理できなくて良いし、処理できない方が良いのである。

代入の代わりにプロトタイプで処理するには、近似操作が必要になってくる。近似操作をするには実数を導入する必要があり、このためには論理の方も実数を扱えるようなものでなければならない。このような論理は現在研究されている部分構造論理に幾つか存在する [26]。

今までの議論を整理して、数理論理学と人工知能のための論理学の対応表を作成すると以下のようになる。

数理論理学	人工知能の論理
述語有	述語無
モデル的意味	差異に基づく意味
代入	プロトタイプ
パターンマッチング	近似
完全性	不完全性

8　他の人工知能との比較

8.1　他の記号処理システムとの違い

メタファーに基づく人工知能と言っても、結局記号処理システムであることには変わりはないのである。そうすると一体どこが従来の人工知能と違うのであろうか。今まで述べてきたことの繰り返しになるが、メタファーの基本領域を形式化構造化してそれを応用領域に投射しているところが、従来の人工知能との最大の違いである。MBAI も、記号処理システムなので、記号の一人称的意味は理解はできない。しかしその一人称的意味の形式操作は可能である。したがって、一人称的意味を理解していなくとも、その一人称的意味の形式操作が可能なので、記号を操作するレベルでは、理解している人間とほぼ同じ操作、処理が可能なのである。もっとも基本的な例は包含のメタファーであろう。この場合に MBAI には包含は一人称的には分からない。即ち、包含を想像すること、イメージするこはできない。しかし包含を理解している人間が包含を理解していない人間に具体的な図を用いずに記号操作のみで教える場面で行なう記号操作、即ちその一つの形式化である古典命題論理を記号的に操作する限りにおいては、その体系がブール代数であろうが、自然演繹体系であろうが、MBAI は同等の能力を有するのである。したがって従来の人工知能も古典命題論理を実装しているのならば、包含のメタファーを三人称的に理解しているのである。したがって包含のメタファーに関しては MBAI と従来の人工知能の能力は同じである。しかしそれ以外では異なるのである。MBAI では包含以外の種々のメタファーを実装する。空間のメタファーで言えば、例えば上下、前後等のメタファーであり、他の基本領域では、容器のメタファー、道のメタファー、建築のメタファー等々である。例えば建築のメタファーの形式化としては、設計、基礎、主構造（床、壁、屋根）、副構造（柱、窓、ドアなど）の関係が記述されることになる。

8.2　柔軟性

従来の人工知能は、それぞれの設計者が、その都度、想定した状況、問題にあった記号処理体系を作ってきた。それはその問題には合うが、それ以外の問題には合わないと言う問題を有していた。すなわち、従来の人工知能の問題は、あらかじめ想定された状況では適切に処理はできるが、想定されなかった状況にはほとんど無力であるということである。このことは次のように言える。従来の人工知能は、自然言語の表層的な表現に捕らわれて、三人称的意味の理解の記号操作をそのまま計算機上に実現しようとしたが、三人称的意味の理解の記号操作は一人称的意味の記号操作の表層的なものに過ぎないので、現実世界に耐えられる知能を構築することができなかった。

現実世界に耐えられる知能を構築するにはこの一人称的意味の理解の形式を実現しなければならない。それが、イメージ操作に基づいた人工知能、すなわち MBAI であり、これは、一人称的意味に基づいた処理を行なうので、想定されなかった状況にはほとんど無力であるという従来の人工知能の問題を基本的に解決することができる。なぜならば、上文中でいみじくも述べているように従来の人工知能の問題は基本的に「想定されなかった状況」での処理であり、イメージ操作に基づく人工知能はこの「想定されなかった状況」でもイメージ操作を用いて新たに想定し得る、即ち想像（の記号操作）でこの状況を処理するからである。すなわち、想像（の記号操作）ができるので、想定されなかった場合にもそれなりの解を出すことが可能であり、従来の人工知能より柔軟な処理ができるのである。

われわれも日常生活を送っているときに、毎日行っている行為は、イメージを用いずに行う場合が多い。しかし、何か新しい状況に出会ったときには、過去の経験を用いて、即ち、イメージ操作を行い、その新しい状況に対応しようとする。このようなことが MBAI では可能になり、これが MBAI の柔軟性になるのである。もちろん、その想像の記号操作の方式を今後明確にする必要がある。

8.3　意味の生成

意味の生成であるが、我々の理解が、複数の基本領域を組み合わせてある応用領域に投射することによってなされているのなら、逆にある複数の基本領域を組み合わせてある応用領域に投射することによってわれわれに理解可能なことを、即ち有意味なことを生成することができると考えられる。別の言い方をすれば、基本領域を適当に組み合わせてある応用領域に投射することによって得られる表現は、基本的に人間に理解可能であり、その表現に対応する慣習的な自然言語表現が存在すれば、それはいわゆる死んだメタファーであり、慣習的な自然言語表現が存在しなければ、それは生きたメタファーになる。例えば日本語では「時間がある。」と存在のメタファーで表現するが、これは死んだメタファーである。これを「時間を持つ。」と所有のメタファーで表現すると生きたメタファーになる。但し英語では、この限りではない。

8.4　その他のシステムとの比較

CYC :常識の実現を目指して Lenat 等が CYC の開発を行なっている。MBAI もその特長から言えば似ているが、MBAI には基本的に述語論理がないのに対し、CYC は認識レベルでは古典一階述語論理を用いている。構造上の最大の違いはここである。

類推システム : 従来の類推システムは、基本領域、応用領域の個別の具体的な構造にはあまり関心を示さなかった。また類推を用いて何か新しい関係を発見する、学習することに関心を示していた。MBAI では類推を用いて発見、学習を行なうことを主主題としてはいない。

9　オントロジー

9.1　体系的オントロジーは存在するか

大規模知識ベース、知識再利用、情報共有等でオントロジーが注目されている。オントロジーとは「人工知能を構成するときに用いる基本概念の（語彙）の体系」[33] のことであり、大規模知識ベース、知識再利用、知識共有等の関連で種々研究されている [34]、[29]。しかしながら、統一的な、体系的な、整合的なオントロジーの構築は非常に困難である。困難なのは、そもそもそのようなオントロジー自体が存在しないからではないだろうか。機械、医療等の専門的な領域では、それなりに統一的で体系的で整合的なオントロジーは存在するであろうが、日常的な場面を考えると、そのようなオントロジーが存在しないように思われる。すなわち、人間はそれほど統一的に、体系的に、整合的に対象を把握していなく、その場での具体的な対象のある側面のみを（すなわち非統一的に）、状況に応じて（すなわち非体系的に）認識していて、別の側面を認識する時とは整合性がとれていない（すなわち非整合的）ように思われる。ミクロ社会学でも「現実は、種々の下位世界が存在し、その各々の下位世界はそれぞれ独自の現実性を有している。そしてその下位世界間の整合性は基本的に存在しない [12]。」のような指摘がある。

9.2　オントロジーに対する唯名論的立場

「オントロジーとは人工知能を構成するときに用いる基本概念の（語彙）の体系」(冒頭参照) であるとすれば、概念が、人間（の認識）から独立に、ある領域もしくはある対象に存在するようなものであれば、基本概念の体系であるオントロジーも、人間（の認識）から独立に存在するであろうが、概念は人間の認識から独立ではなく、人間の認識と密接に関係しているし、さらに言えば人間の認識そのものであるとも言えるので、基本概念の体系であるオントロジーも、人間（の認識）に大きく依存することになる。このようにここでは、概念の存在論（オントロジー）的身分に関しては、実念論（概念実在論）ではなく、唯名論に近い立場をとる。

9.3　MBAI によるオントロジーの高度化

多くの領域のオントロジーは、統一的で体系的で整合的なオントロジーではなく、他のより基本的な領域のオントロジーを状況にあわせて適当に組み合わせている、と考えられる。これは、メタファーの投射と同じである。MBAI を構成することはそのままメタファーに基づくオントロジーを構成することになる。MBAI では、意味に基づいた表現をしているので、自然言語に基づくオントロジーよりは高度なものを構成することができる。またオントロジーをニューラルネットワークに基づいて構成すれば、より現実的な、より柔軟なオントロジーになると言える。しかし、メタファーを用いて表現するのは主に抽象的なものである。したがって、具体的な存在物（たとえば犬等の動物）に関してのオントロジーは他の手法のものと同じである。

9.4　オントロジーの粒度

われわれが何らかの対象を理解するときには、ある場面もしくは状況を想像する。この想像する場面、状況がオントロジーの粒度としてふさわしい。想像の言語的側面がメタファーなので、この想像する場面、状況は基本的に、メタファーの基本領域に対応する。したがって、メタファーの基本領域がオントロジーの粒度としてふさわしいことになる。またメタファーに基づく理解とは、文を基本領域単位で理解しているので、ある意味では状況単位で理解しているとも言える [7]。

9.5　知識共有

知識共有の例で言えば翻訳がそうであろう。翻訳は異種の言語間の知識共有であり、それは基本的には身体等を共有していること、即ち身体等に基づく基本メタファー、具体的には、内外（包含）、上下等の基本的なメタファーが文化普遍的だからであろう。しかし、このような文化普遍的なメタファーもあれば、文化相対的なメタファーもある。文化相対的なメタファーの一例は、過去の経験であろう。

私は中国に行ったことがある。

I **have** been to Chine.

日本語では存在のメタファーであるが、英語では所有のメタファーである。この文化相対的なメタファーは翻訳不可能性に通ずるものであろう。実際、我々も他言語使用者と完全なコミュニケーションは取れていない。これはそういう事実に対応するものであると言える。

このような観点に立てば知識共有のためのオントロジーはメタファーに基づくオントロジーが必要であるように思われる。

10　おわりに

本論文では、まず記号的人工知能、即ち現在の計算機上のソフトウエアで実現できる人工知能の限界について検討した。最初に、人工知能不可能論に密接に関わる身体性、志向性を概観することを通して意味と理解の問題に焦点を当てた。その結果、意味の理解には一人称的意味の理解と三人称的意味の理解があり、人工知能不可能論は基本的に一人称的意味の理解から人工知能の不可能性を主張しているとおさえた。そして記号的人工知能の限界はこの一人称的意味の理解の形式の体系を実現することであるという結論に達した。この一人称的意味の理解の形式とは、想像、イメージの形式であり、これは経験一般の制約であるような形式、すなわち経験の形式である。これはカントの先天的認識形式の拡張であり、経験に構造を与えるようなメタファーのことである。そしてこのメタファーに基づく人工知能の素描を行い、基本領域の遡及不可能性ゆえにも、このメタファーに基づく人工知能が記号的人工知能の限界であることを再確認した。今後は細部をつめるとともに、基本領域の列挙、基本領域の形式化、応用領域への（組合せ的）投射（推論）の機構の解明、形式的表現方法の確立と自然言語との対応の明確化等の課題を研究して行く予定である。そして

本稿で議論しなかった以下の項目を検討する予定でもある。1. 換喩、提喩、2. 言語行為論等による状況、3. 暗黙知、4. ロボット

参考文献

[1] H. Bergson: *Matière et mémoire*, 1896. (物質と記憶、高橋訳、岩波書店,1936)

[2] M. Black: "Metaphor," *Proceedings of the Aristotelian Society, n. s. 55*, 1954-1955, (隠喩、尼ヶ崎訳 佐々木編、創造のレトリック、勁草書房、1988)

[3] L. Bloomfield: 言語, 三宅, 日野訳, 大修館書店, 1971.

[4] G. Frege:*Die Grundlagen der Arithmetik*, 1884.

[5] M. Johnson: *The Body in the Mind*, The University of Chicago Press, 1987 (心の中の身体、菅野他訳, 紀伊国屋書店, 1991)

[6] I. Kant: *Kritik der Reinen Vernunft*, 1787. (純粋理性批判、篠田訳、岩波書店、1961)

[7] G. Lakoff and M. Johnson: *Metaphors We Live By*, University of Chicago Press, 1980. (レトリックと人生、渡部他訳、大修館書店、1986)

[8] CA. Porro, MP. Francescato, V. Cettolo, ME. Diamond, P. Baraldi, C. Zuiani, M. Bazzocchi, and PE. di Prampero: Primary motor and sensory cortex activation during motor performance and motor imagery: A functional magnetic resonance imaging study,*Journal of Neuroscience* 16(23), pp.7688-98, 1996.

[9] J.P. Sartre:*L'imaginaire*, 1944. (想像力の問題、平井訳、人文書院, 1955)

[10] F.D. Saussure: *Cours de linguistique générale* (一般言語学講義, 小林英夫訳, 岩波書店, 1972).

[11] J. Searle: *Speech acts:an essay in the philosophy of language*, Cambridge University Press, 1969.(坂本、土屋訳、言語行為 :言語哲学への試論、勁草書房、1986)

[12] アルフレッド・シュッツ著、リチャード、M、ゼイナー編、生活世界の構成-レリバンスの現象学-、マルジュ社、1996.

[13] J.R.Taylor:*Linguistic Categorization*, Oxford University Press, 1995 (認知言語学のための 14 章、辻幸夫訳、紀伊国屋書店、 1996) .

[14] M.Turner:Aspects of the invariance hypothesis, *Cognitive Linguistics* 1, 1990.

[15] M. Turner and G. Fauconnier: Conceptual integration and formal expression, Journal of metaphor and Symbolic Activity 10,1995.

[16] P. Varely :*Cahiers I, Bibliothèque de la Pléiade*, Gallimard, 1973. (ヴァレリー全集カイエ篇、寺田他訳、筑摩書房、1980)

[17] T. Winograd and F. Flores: *Understanding Computers and Cognition*, Ablex Publishing, 1986. (コンピュータと認知を理解する、平賀訳、産業図書、1987)

[18] L. Wittgenstein: *Philosophische Untersuchungen* 1953. (藤本訳、哲学探究 (ウィトゲンシュタイン全集 8) 大修館書店, 1968)

[19] 市川 浩 :精神としての身体、勁草書房、1975.

[20] 菅野 盾樹: メタファーの記号論, 勁草書房, 1985.

[21] 瀬戸 賢一: メタファー思考, 講談社, 1995.

[22] 瀬戸 賢一: 空間のレトリック、海鳴社、1995.

[23] 立川 健二、山田広昭 :現代言語論、新曜社、1990.

[24] 月本 洋:メタファーに基づくオントロジー, 人工知能学会研究会資料, SIG-KBS-9702, pp.45-50,1998.

[25] 月本 洋:人工知能のための論理的枠組みについて, 人工知能学会研究会資料, SIG-FAI-9703, pp.77-82, 1998.

[26] 月本 洋:パターンの論理的推論-知識獲得問題の新解決法、人工知能学会研究会資料, SIG-FAI-9804,1999.

[27] 月本 洋 :記号的人工知能の限界について、 足立、渡辺、石川、月本編: 心とは何か-心理学と諸科学の対話、北大路書房、1999. (出版予定)

[28] 長尾 真 :人工知能と人間、岩波書店、1992.

[29] 西田 豊明 :協調型アーキテクチャによる知識の共有と再利用、人工知能学会誌、Vol.9, No.1, pp.23-28, 1994.

[30] 野村 益寛: 認知言語学におけるメタファー研究の展開, 英語青年, Vol.CXLII, No.2, pp.655-657, 1997.

[31] 藤岡喜愛 :イメージと人間、日本放送出版協会、1974.

[32] 丸山 圭三郎: ソシュールの思想, 岩波書店, 1981.

[33] 溝口 理一郎 :知識の共有と再利用研究の現状と動向人工知能学会誌、 Vol.9, No.1, pp.3-9,1994.

[34] 元田 浩, 溝口 理一郎, 西田豊明:知識の共有と再利用ワークショップ報告、人工知能学会誌、Vol.8, No.5, pp.666-671, 1993.

[35] 渡辺 恒夫 : <諸心理学>の統一は可能か ?-メタサイエンスの観点から、科学基礎論研究、Vol.21, No.4, pp. 29-35, 1994.