

計算機による「中」の扱い

宝島 格・今仁生美¹⁾

1. はじめに

1.1 計算機による「意味」の「理解」

語、文、談話の「意味」を捉えようとする試みは多くなされてきているが、どのような種類の結論を出すことが「意味」を記述したことになるのかについては様々である。

[宝島・今仁1]においては、発話の「意味」を、聞き手の「知識」の総体に対する影響と位置付けた。即ち、そうした知識Kのありうべき全体をC(K)とするならば、発話によって現在の知識Kが新しくK'に更新される、その更新の仕方が発話の意味であり、従って意味はC(K)からC(K)自身への写像、即ちEnd(C(K))の元であると捉えられる。

しかしそこではこの知識のあり方、更新のされ方について詳細に立ち入ることはしなかった。語の意味、とりわけ図形的な内容に関わる語の意味は、知識の重要な部分に大きく影響するものであるが、それを具体的に実現することは中々に難しい。また、[宝島・今仁2]においては、語（その中で特に「中」や「間」）を使用する際の話者の「想定」がいかなるものであるかを見た。発話においては現実世界のどのような側面を表現するか（現実状況に関する発話の場合）、話者自らが「想定」し、それをもとに発話すると考えられるが、その想定も上のような「知識」の形式と同様なものと捉えることができる。「中」などの図形的内容を表現する語においては、こうした知識や想定をどのような形式で扱うかが、今後の重要な課題となってくる。

こうした研究の進め方は、自然言語使用者にとっての、ものごとの認知の形式を、明らかにしようとする行き方と言える。近年発展してきている認知言語学と呼ばれる分野などは、そうした認知の形式を明らかにしようとするものである。

一方で、認知言語学においてよく用いられる、語の意味を表現するのに図形を用いるやり方などは、人間自身はその図を見て理解するという方法を取るようになる。しかしそのような形のみでは、人間自身がつい当然のようにものごとを推論したり結論づけてしまったりする過程が明らかにはならない。自然言語使用者による「理解」が、具体的にはどのような過程、詳細をたどるのか、どのようなメカニズムに基づくものなのかを明らかにしたいならば、人間によるそうした「理解」の細部を、計算機に模倣させることを目標とするのがよい。計算機に、自然言語使用者と同様の知識を同様の形式で与え、発話やその理解を同様の動作によって実現することが、自然

1) {takaraji, imani}@ngu.ac.jp

言語やその意味の「理解」の理解であると言えよう。

計算機に人間同様の形式で知識を与え、発話を理解させ、推論を行わせ、行動させるとというのがこの研究方法の目標となる。従って、まずは自然言語使用者にとっての「知識」や発話における「想定」がどのような形式を取っているものなのか、発話によって聞き手の知識がどのように更新されるのか、そうした知識が推論や行動にどのように利用されるのかを、計算機上で実現できる形で明らかにすることが必要である。

本論文は、特に図形的内容を含む語、中でも語「中」の使用される場面において、どのような知識がどのような推論に用いられるかを、計算機が実現すべき形として考察するものである。

計算機が人間と同様の心的メカニズムによって自らの知識を更新し、質問に答え、推論し、要請に応じて行動し、(ゆくゆくは)自ら発話・行動するならば、計算機が自然言語を「理解している」と呼べるであろう。それは単に外部に表出される応答・行動が人間と区別できないということではない。計算機内部における動作メカニズムが人間の心的メカニズムと対応しているということである。

本論文においては、自然言語使用者の内心観念のあり方、変化の仕方などを、専ら著者らの内省によって考察している。著者らを含む現実の人間が、実際には、そうした内省によって捉えきれない脳内機構によって言語に対処していることは当然考えられることである。しかし、ここで扱う言語現象は、判断などの理由が内省に基づいて説明できる範囲であり、計算機に実現される機構は、内省に基づくものである方が、知られざる脳内機構に基づくものであるよりも、人間の「理解」を正しく表していると感じられるであろう。

さて計算機が、何らかの動機によって自発的に何かを発話する、あるいは行動する、という状況については、計算機に「動機」を求めることになるため、本論文では立ち入ることができない。本論文が対象とするのは、専ら他者の発話によって世界の状況についての内的観念(「知識」)を蓄えること、他者の発話の真偽あるいは当否(非文であるか否かなど)を判断すること、他者からの質問に対し知識を用いて解答を見出す(返答する)こと、他者からの要請・命令に従って行動することである。特に知識の蓄えがその主要部である。

1.2 文法的「理解」と意味的「理解」

発話を聞いてその意味を理解するという状況には、多くの過程・階層がある。そもそも、理解する側は、使用される言語の文法規則を知っていなければならない。計算機にとって文法を「知っている」とは、文法規則に則って、発話の文字・音の羅列から語の関係を導き出すことであると言えよう。

しかし、その「規則」にも様々なレベルがあると言える。名詞と動詞の区別や、各種の文法的要素を表す語、語順など、典型的な文法的レベルもあるが、名詞であってどのようなカテゴリーの名詞なのか、その動詞と組み合わせられる類の名詞なのか、などといった、「意味」に近いレベルもある。また背景となるべき、もともと持っていた知識などに照らしながら「理解」が進め

られることも考えれば、何が「文法」で何が「意味」なのかを厳しく区分することは、あまり意義深いこととは思われない。ただし、本論文ではいわゆる文法規則に関するシステムは計算機に備えられているものとして、専ら「意味」に近い範囲に考察を限定したい。

さて、以下の例を見てみよう。(エイチソン「心のなかの言葉」より抜粋)

- (1) 「パパ、ボンガルーってなに？」
「ボンガルー？」と私は言った
「それはチーズ用の長い袋で、
中国人の膝と
おばあちゃんヤギの目の足だよ」
ミリガン著「The Bongaloo (ボンガルー)」

この例では、「ボンガルー」について以下のような説明がなされている。

- (2) ボンガルー
 ＝チーズ用の長い袋
 ＝「中国人の膝」と「老雌ヤギの目」との足

(※「足」については、

 チーズ用の長い袋＝「中国人の膝」と「老雌ヤギの目の足」

という修飾関係であるとも読めるが、ここでは上のように考えることとする。)

この発話は、聞き手に強い違和感を与える。聞き手は「ボンガルー」について知らないのであって、説明通りのものなのかどうかは問題ではない。むしろ、並置された2つの説明が、同じものを指すことが想像できないことが問題である。

しかし典型的な「文法的」内容から言えば、これは特に違和感を覚える発話ではない。それは、多少単語を入れ替えた次のような発話（内容）が概ねすんなり受け入れられることからわかる。（「中国人の膝掛」が何であるかは多少問題には感じられるものの。）

- (3) ボンガルー
 ＝チーズ用の長い袋
 ＝「中国人の膝掛」と「老雌ヤギの皮」とのパッチワーク

元の発話 (1) (2) においては、

- (ア) 「足」なるものは「膝」と「目」とのペアに対して定義されるものと思えない
(イ) 「袋」が「足」と同等のものであるとは思えない

という点が違和感を与えている。「足」や「袋」が単に物体の一種（を表す名詞）であるという「理解」では、元の発話の無意味さ、解釈不能性は説明できないのであり、「どのような物体か」、すなわちその語の詳しい意味内容を知らなければならないのである。これは典型的な文法の問題ではなく、個々の語の詳しい意味内容に関連する問題と言えよう。

従って、計算機が発話を自然言語使用者のように理解・判断するためには、語それぞれの意味内容に立ち入った理解が必要である。

(※(イ)については、「長い袋」が「足」と同等になり得る文脈も考えうる。例えば、

ボンガルー＝チーズ用の長い袋＝ぬいぐるみのキリン太郎の足（に転用している）

という場合には理解可能である。)

しかしながら、他方で、ボンガルーの(2)のような定義をそのまま受け入れた状態でも、「ここにボンガルーが1つある」から「ここに足が1つある」「ここに袋が1つある」という結論を導くことはできる。即ち、こうした推論においては、膝や目や足や袋がどのようなものであるかを理解している必要がない（むしろ、知らない方が違和感もなく推論が可能になる）。このように、どのレベルまで詳しく知識を持っているか・発話を理解しようとしているかも、発話に対する応答・反応に影響する。

人間でも、「字面だけを追っていたら一応わかる」が「よく考えたら意味不明」ということがあり、もしかすると「更によく知っていればやはり意味は通る」ということもありうる。こうしたレベルの設定は我々人間も個々の場合に依って使い分けているのであって、計算機にもそのように使い分けさせるのが妥当であろう。

2. シーンとその利用

2.1 「知識」の形式：シーン

著者らの内省によれば、人間が他者からの発話を聞くとき、何らかの情景を想像するのが普通である。発話に含まれる名詞などの表す対象（物体など）、動詞や形容詞などによって表される対象相互の関係や動作、それらの背景となる世界（場所）といった要素が実現された仮想の情景を、聞きながら構成するのである。計算機にも、発話に依拠してこうした情景を構成する仕組みを備えねばならない。

計算機あるいは人間が、他者からの発話と、もともと備わっている自らの知識をもとに、ある発話の表す情景を構成したものを、「シーン」と呼ぶことにする。

シーンの集積が、計算機にとっての知識の主要部あるいは「データ部分」である。

人間が情景を構成するときには、当該の発話のみでなく、事前に知っている知識が動員される。即ち発話に含まれる語の意味や使用法（文法も含め）はもちろんのこと、世界に関する様々な知

識である。従って計算機にも同等の知識を備える必要がある。計算機の内部計算の過程が、人間の心的過程と同等になるように、そうした知識をどのような形で備え付けるか、どのように作動する仕組みにしておくかを決めねばならない。つまり、計算機には集積されたシーンの他に、推論を行うメカニズム、背景としての物理法則や文法規則などを扱うメカニズム、そもそも大前提としてデータの記憶・処理等の計算機に本来求められる動作を行うメカニズム等々が備えられていなければならない。

2.2 シーンの構成と利用

シーンは通常次のものから成る。

シーンの構成要素

- (i) 物体などの、対象
- (ii) 対象の動作、性質、対象同士の関係
- (iii) 対象などの配置される空間すなわち世界（抽象的空間の場合もある）
- (iv) それらの状況をどこまで厳格に定めるべきかについて、他の可能性を表すパラメータ

図形的情報を含むシーンにおいては、対象などの配置される世界が、図形的なものであることになる。図形的情報のないシーンであれば、配置される世界は単なる記憶領域（計算機の）と考えてよい。

発話に対してシーンを構成することが、「発話を理解する」ということに相当する。そうして蓄えたシーンが、以後の発話の真偽判定や質問への返答等に用いられる。シーンを整合的に構成できないとき、あるいは既に蓄えられているシーンに照らして当該の発話のシーンを整合的に構成できないとき、発話は意味不明である、あるいは偽であると判断される（もちろん既に蓄えられているシーンのもととなった発話が真であると認められるときである）。

シーンに関して、あるいはシーンを用いて計算機が行うこととしては、本論文の範囲においては、以下のことがある。

シーンの利用

- (i) 発話に基づいてシーンを構成する、あるいは他の発話をもとに既存のシーンを修正・再構成する
- (ii) シーンの中を調査・探索する（スキャンする）
- (iii) シーンから捉えなおした他のシーンを構成（し、両者の対応関係を構成）する
- (iv) シーンの内部において対象に仮想的に働きかける（シミュレーション）
- (v) シーンを用いて推論する

なお発話からではない視覚情報など、現実世界からの情報を別途取り入れ利用する場合には、次の動作も必要となる。

(vi) 現実とシーンとの対応づけをする

シーンを用いることによって、計算機は人間と同様、「頭の中で」シミュレーション(推論を含む)ができることになる。

シーンの構成における「他の可能性を表すパラメータ」には注意が必要である。特に図形的な状況に関するシーンなどは、通常人間はモノの具体的な配置を紙上に描き出すようなシーン構成をされると考えられる。しかし実際に描かれた図(情景)は、「まさにその図に描かれた状況である」ことを意味しない。例えば、大概の場合、図上に配置されたモノの位置を1mm単位で厳格に決めて描いたつもりなどはない。つまり、「この点に関しては他の可能性もあるが、実際に描くためには詳細まで決めて描かざるを得なかった」と人間は了解して図を描いている。人間は、常に「この点に関しては他の可能性もある」ことを承知しているのである。一方で、具体的に図に描くことが「気づかなかった制約条件に気づく」ための一歩となることもある。例えば「どうやってもこのお盆の上にこれだけのモノが配置できない」などである。(どの程度までこうした「理解」を進めるかは、人間自身がその都度決めながら頭を働かせているが、計算機にもそのように動作させねばならない。)従って、シーンはある程度具体的詳細が「仮に」決められた形で構成されねばならないが、それが「仮」の決定であること、他の可能性があることを常に把握しておかねばならないのである。

2.3 シーン構成の実際：図形的内容をあまり含まないシーン

計算機がシーンをどのように構成するか、次の発話を例に見てみよう。

(4) 太郎は、一子が好きだ。(Taro loves Kazuko.)

を発話する/聞くとき、人間の意識の中で想起される情景は第一義的には、人間である「太郎」、
「一子」、および両者の間の二項関係「好きである」であろう。

これを計算機内で実現するとすれば、以下のような動作によってシーンを構成することになる。

記憶領域(シーンを蓄える計算機の領域)内に

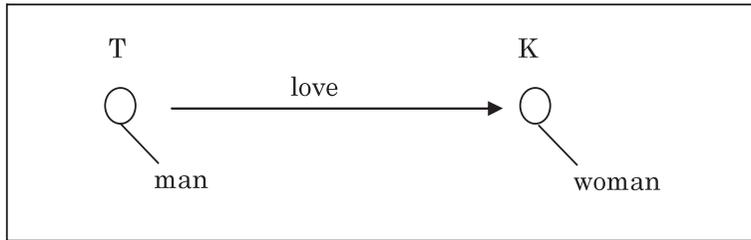
- (i) 対象を生成し、T(太郎)と名付ける。Tは人間(しかもおそらく男)であると性質付けする。
- (ii) 対象を生成し、K(一子)と名付ける。KはTとは別の対象であると性質付ける。Kは人間(しかもおそらく女)であると性質付けする。

(iii) TとKを二項関係Loveで関連付ける。(Tが第一項, Kが第二項)

すなわち, 図式的には

{T, K, man(T), woman(K), love(T, K)}

を記憶領域に生成することである。これは談話表示理論 (DRT) などにおいても用いられる表示方法である。



ここで「対象」と呼んだものは, 個々に区別されるモノを表す「点」で, 個数を数える際の対象物となるなど, 計算機のその後の動作において「モノ」として扱われるものである。また, 「性質 (一項関係)」「二項関係」も, よく知られているそうしたものの扱い方通りに計算機が扱うものである。計算機が「二項関係とは何か」を「理解している」ことは, 後にシーンを用いて探索や推論を行う際に二項関係として扱うような動作をすることによって実現される。計算機は, 二項関係なるものが抽象的に何なのかを「知って」いる必要はないのであって, 実践的に二項関係であるように扱えればよい。

さてこうしてシーンを構成することにより, 計算機は例えば以下のような質問に答えることができる。

- 何人 (以上) の人間がいるか?
→ シーンをスキャン (探索) し, 対象の中で人間であるものをカウントする。
- 愛されている女がいるか?
→ シーンをスキャンし, Loveの第二項に入る対象の中で女であるものをカウントする。

こうした発話に対するシーンは, 対象 (モノ) の個数, 性質, 関係の識別等々が主題となっており, それらの形や位置関係, 動きなどは問題でない。従って, 対象を配置すべき図形的世界は必要がない。

また上記のような質問に関する限り、二項関係Loveが具体的にどのような関係なのかを、計算機は知る必要がない。知っていなければならないのは、二項関係であること（そのように動作すること）、ラベルが「Love」であることである。

もちろん、Loveの特性の詳細に立ち入った知識が求められる場合もある。例えば、発話

(5) *太郎は一子が縦に好きだ。

においては、Loveがどのような二項関係なのかという知識に基づいて、「縦に」という副詞が修飾できないことを判断できなければならない。そうした知識をどのように与えるかは、今後の課題である。

また、似たような発話

(6) 一子が太郎をぶった。(Kazuko beat Taro.)

では、(時制の扱い方の問題はおくとしても)人間の意識にのぼる情景は、両者の位置関係に関する情報を含んでいることが期待される。例えば

・二人は何メートル離れていたか？

という質問に答えることを考える。「ぶつことができるくらいの距離である」というだけの返答であれば「ぶつ」の意味詳細を知らなくとも外形的に判断できる。しかし、通常人間が想像して答えるような「概ね50cm程度」という返答を正しくするためには、シーンが位置関係を表現している必要がある。

このように、シーンが図形的な位置関係等々の情報を含まなくてよい場合もある一方、図形的な形・大きさ・配置(位置関係)などの情報を含んだシーンを構成することが必要となる場合も多くあり、しかもそれはシーンをどの程度詳細化するかに関わっている。

以下では、図形的情報を含むシーンについて、人間がするような簡便なシーン構成を実現するためにどのような注意が必要かを考察するが、残念ながらそうしたシーン構成の具体的方法については今後の研究を待たねばならない。しかし、そうしたシーン構成ができた際に、語「中」などによって表現される意味内容が、物体の位置を推論するような問題において大変効率的な推論を可能にすることを見ていきたい。シーンは、人間が世界をどのように捉えているか(認知の形式)を表しているが、その捉え方は、人間が特に興味を持つ問題(物体の位置の推測など)において、効率的な推論が可能になるようなものである。それは、効率的な推論は生存を有利にするという点から、ごく当然のことであろう。

2.4 シーンの「捉え直し」

一つのシーンに対し、それを捉えなおしたシーンを構成することができる。それは、ある状況を別の角度から「これこれと見做す」ことによる。あるいは、あるシーンを具体化・詳細化することによる。

先の例

(6) 一子が太郎をぶった。(Kazuko beat Taro.)

においても、単に

{K, T, woman(K), man(T), beat(K, T)}

としてbeatの意味詳細を特に問わない（ラベル付けのみの）シーンを構成することもできる。しかし、対象KとTの立ち位置を含めたシーンを考えることもでき、その際には、beatの動作としての性質（背景知識）から、両者の相対的な立ち位置にはある程度の制約が課せられることになる。この場合後者のシーンは前者の詳細化（具体化）であり、両者の間には対象同士の対応関係などが付けられる。後者のシーンにおいては動作（動き）としてのbeatが実現されるが、それをどのように計算機に扱わせるかは、今後の課題である。しかしそのような動作が、前者のシーンにおける二項関係beatに対応付けられることになる。

3. 「中」の特性とシーン

3.1 「中」の典型的意味・「中」にあるという制約

以下の3つの文の違いは、どこにあるのだろうか。

- (7a) *（鍵のかかった）宝箱の中に、球Aがある。球Bは箱の横にある。AとBは、紐でつながっている。
- (7b) （鍵のかかった）宝箱の上に、球Aがある。球Bは箱の横にある。AとBは、紐でつながっている。
- (7c) （鍵のかかった）宝箱の中に、球Aがある。球Bは箱の横にある。AとBは、精神的につながっている。（※球に心があるとみなした発話）

これらに見られるのは語「中」と「外」（ここではその一部である「上」や「横」）および「つながる」と、つなげている素材の組み合わせ方の違いである。

[宝島・今仁2] では、語「中」の典型的用法を以下のように捉えた。

「中」の典型的用法

- (i) 空間を、「中」と「境界」と「外」に分ける。
- (ii) 「外」と「中」をつなぐ連続的経路は、必ず「境界」と交わる。
- (iii) 通常は、「中」は限局された連結の領域である。
- (iv) 通常は、「中」と「外」の行き来は労力が要る。「中」同士の行き来は労力が要らないことが多い。

後の2つの条件は、よく用いられるニュアンスであり、必須というわけではない。また、「境界」が明確に「中」や「外」と区別される素材でできているとは限らない。

こうした典型的用法に従えば、「中」にあるものは「外」にあるものとの連続的物質による連結、厳密に言えば、箱（壁の）物質と相互作用する連続的物質による連結が、阻まれる。「つながる」を使用していることから、話者が、連続的なモノによる連結を想定していると考えられるので、(7a)においては状況は実現不可能であり、話者の想定しているシーンが見いだせない。(7b)は「外」同士であり何らの問題もない。(7c)は箱と相互作用しないモノ（テレパシーあるいは電磁相互作用なのか）による連結であるため、つなげているモノが何なのかは分からなくとも、シーンを構成することは可能である。（もし「精神的つながり」が実は紐のような物質による連結であることが（話し手や聞き手に）判明したならば、(7c)もシーンが構成不可能となる。）

この連結に関する制約は「中」であることから来る大きな制約であり、人間が「中」か「中でない」のかを把握したくなる、即ち語「中」を一つの語（概念）として捉えたい理由の一つである。以下では、この語「中」に関わるシーンの構成、シーンの推論への利用を考察したい。

3.2 図形的内容を含むシーンを構成するために

「中」は極めて図形的な概念であるため、計算機が、「中」が用いられる典型的な状況をシーンとして構成するためには、図形的内容を含むシーンが構成できなければならない。ここではそのために考慮すべき諸点を、単純化した形で考察したい。以下では、現実世界は2次元であると考ええる。

- (i) 世界は2次元である。上から下に、重力が働いている。
- (ii) 物体にかかる力、物体の剛性、物体の移動、接触や衝突、それに伴う力等々については常識的に解釈する。

この世界にある物体の形・大きさ・配置・移動・経路等々をシーンに構成し、推論やシミュレーションを行うために、計算機には2次元のキャンバスに相当する領域を使用させることにする。しかし単にピクセル（キャンバスの最小単位）の集合としての画面上に、それらの対象を「仮の」形・大きさ・位置等々によって配置し、「他の可能性」についてはピクセルの集合として「あり

得る全ての状況」である、とするのは、人間自身の意識に起こっている動作ではないのではないかと思われる。それは、「あり得る全ての状況」がおそらく膨大な量にのぼり、実際にシミュレーションを行うなどにおいては計算が事実上不可能であろうと考えられるからである。物体の可能な形・大きさのみを取っても、つまるところ2のピクセル数乗（2をピクセル数だけ累乗した数）に近い個数の可能性があるものであり、それを人間が計算しながら想像しているとは考えにくい。

人間が意識下で行っている情景の構成（他の可能性も含む）は、もっと簡潔で階層化されたものではないかと思われる。例えばシーンにおける物体の配置は、明確に見える状況としては物体の順序（2次元世界においては縦・横の2次元的な順序）あるいは物体と何もないスペースも含めた順序、それら物体・スペースの大きさに対するパラメータ（その範囲が実数に対応しているという知識）などのみから成るのではないか。

このようなシーン構成をする場合、「他の可能性」として配慮すべきなのは順序の順逆と、大きさのパラメータのみである。

残念ながら実際にこの枠組みをどのように具体化するかという問題には、ここで立ち入ることができない。その詳細を定めるのは今後の課題である。また、非常に重要な概念である「連続的であること」（物体や経路がつながっているということ）をこの枠組みでどのように特徴づけるかも、今後の課題である。

3.3 デフォルト（プロトタイプ）とシーンの修正・再構成

特に図形的内容を含むシーンの構成においては、「ともかくまず紙の上に描いてみる」ような過程が主となるものと思われる。「他の可能性」を承知しつつ、「仮に」図を描くということである。

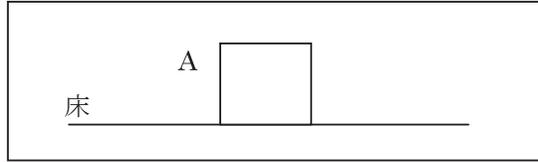
その際には、物体の形、大きさ、配置する位置について、（他の可能性を承知しつつも）「デフォルト」の設定に基づいてシーンを描くことが必要となろう。そうした設定はいわゆる「プロトタイプ」と同じものと考えられる。

次の例

- (8) 床の上に箱Aがある。更に、床の上に箱Bがある。

において、計算機は以下のようにシーン構成・再構成を行うべきであろう。

- (i) デフォルトの床の形、大きさ、位置によって床を描く。（直線状の形）
- (ii) デフォルトの箱の形、大きさ、位置（床とのデフォルトの相対的位置）に従って、箱を描く。箱にAとラベル付けをする。（直線に接して四角形を描く）



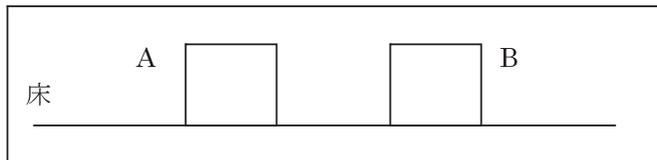
- (iii) 床に箱Aを配置した後、箱Bを配置しようとするが、デフォルトの形・位置にこだわる限り、AとBを重ねあわせる形で配置せざるを得ない（1つの箱と床上への配置は同じデフォルトに従う）。しかしそれは物体（原子）に関する大原則（2つの原子は同じ位置を占められない）に反するため、位置（や形）を変更せねばならない。

（床の形状や位置はひとまずそのままとして）床とAのシーンにおいて、計算機上で実際に構成したシーンには、付帯したパラメータがある。それはAの形・大きさと、位置である。計算機はデフォルトの原則に従ってAの形と位置を決定して配置するが、実はそれは「仮」のものであると知っていなければならない。

計算機がこうしたことを「知っている」とは何を指すのか。それは、その後のシーン再構成・修正や、推論等において、形と位置の他の可能性をくまなく（これにもどの程度の可能性を考えるべきかが設定されることになるだろう）調べるといふ動作をすることになっている、ということである。すなわち、シーン上の配置等はとりあえず具体的に構成するが、そこで確定している性質（で本来不確定な性質）を安易に推論等に使用しないという仕組みが計算機に備わっていることである。

こうして「他の可能性込みで仮に」配置されたAに対し、次の文でBの配置の要請が来る。計算機は先のシーンにBを追加してシーンを再構成する。この際、原子は重ならないという大原則に従って、AやBの「他の可能性」の中から、AをずらすなりBをずらすなり、両者の大きさや形を変更するなどの修正をしたものを探し出して、発話に合致するシーンを構成する。

- (iv) Aの他の可能性、Bの他の可能性を調べ、物理的大原則（背景知識）に抵触しない箱の形・配置を探し出す。この際、「2つの物体の配置」のデフォルトがあれば、それを利用する。



こうして当該の発話（2文全体の談話）に対するシーンが構成されるが、もちろんそこにはまだ様々な可能性が付随している。次の例

- (9) 床の上に箱Aがある。更に、床の上に箱Bがある。
AはBの右にあるか？

を考えよう。(我々の2次元世界における左右は、我々が画面を見て判断する左右であるものとする。) A, Bを配置したシーンにおいて、AがBの左に描かれているかもしれない。しかし、だからと言って最後の質問に「否」と答えることはできない。A, Bを配置したシーンにおける、「他の可能性を表すパラメータ」に従って、可能性を尽くして他の配置(やA, Bの形・大きさ)を調べることにより、正否両方の答が得られるからである。その結果、計算機は正しく「わからない」と答えることになる。

このように計算機は、常に可能性のリストに照らして計算を行うことになる。発話を正しく理解するという事は、そのような動作をするということである。その際に、可能性のリストがどの程度の厩大さになるかは、シーンの構成方法によって変わるわけだが、それが実際の人間の行っていることに合致するようにせねばならない。

なお、通常の物体と異なり、概念上の形や、原子からできていないような対象については、重なることを拒否しない。(そのように計算機が動作せねばならない。) 次の例

- (10) 床の上に(接触して)四角形Aを考える。さらに、床の上に四角形Bを考える。

においては、AとBはぴったり重なっていても構わず、物質同士の場合よりも可能な配置は増える。(もちろん数学の問題として「一般の位置」を考えるためにはぴったり重なるような配置を考えたりはしない。)「相互作用」する素材でできた物質同士とは違うのであり、計算機にも素材を考慮したシーン構成が求められる。即ち、相互作用の有無に常に留意させねばならない。

3.4 「正しい理解」とは

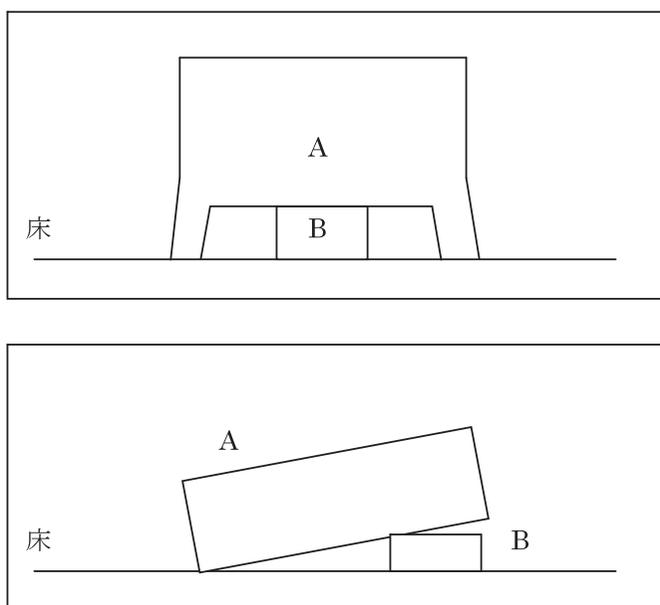
次の例

- (11) 床の上に箱Aがある。更に、床の上に箱Bがある。AはBの上にある。

を「正しく理解する」とはどのようなことを指すのであろうか。

この発話を正しく理解できたと言えるまでには、通常の間であれば相当の努力を払って考えなければならない。普通の反応は「発話の意味が分からない、どういう意味？」あるいは「発話は間違っている！」であろう。しかし条件に合致するシーンを1つでも構成できたならば(それは可能性の1つでしかないが)、「意味が分かった！」と感じる。

通常の間でいえば、床、箱A、箱Bの相対的位置関係を単なる二項関係のラベル名として把握するのは「単に字面だけで理解した」ことに過ぎず、三者を紙面上に描いてみて(シーンを構



成しようとして) うまく答が見つからない状態が「今一つ理解しきれていない」状態, そして可能性の1つであれ答を見出した状態が「一応わかった」状態, ありうる可能性が全て把握できている状態が「完璧に理解した」状態と言えよう。もちろん, 最後の「全ての可能性」というのも, 真に「全て」なのかどうかは, 程度の問題であることがありうる。

3.5 「中」の意味

図形的内容を含むシーンの構成を上記のように行っていくことにするとき, 語「中」が現れる発話ではどのような動作を行うべきであろうか。

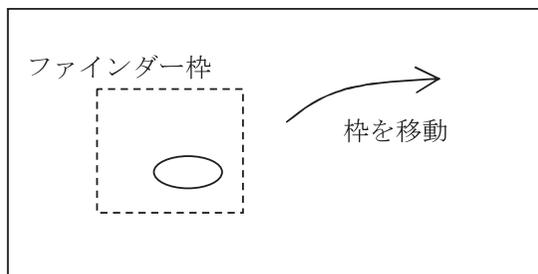
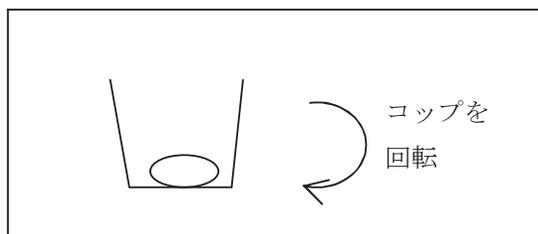
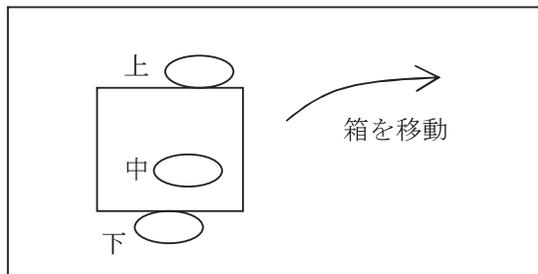
「中」の図形的な特徴は,

中と外をつなぐ(連続的)経路が必ず境界と交わる

であった。次のいくつかの例において, このことが計算機の推論や行動にどのように影響しているかを見てみよう。これらは, 計算機に具体的行動を要請しており, 計算機は推論を行って効率的な探索行動を起こさねばならない。

- (12a) 箱の中にコインが入っている。
箱を横に移動させた。
コインはどこにあるか? 探せ。

- (12b) コップの中にコインが入っている。
コップを回転させた。
コインはどこにあるか？ 探せ。
- (12c) 箱の下にコインがある。
箱を横に移動させた。
コインはどこにあるか？ 探せ。
- (12d) 箱の上にコインがある。
箱を横に移動させた。
コインはどこにあるか？ 探せ。
- (12e) (カメラの) ファインダー枠の中にコインがある。
枠を移動させた。
コインはどこにあるか？ 探せ。



各例においてコインを優先的に探すべき場所は、箱の中のコインについては（移動後の）箱の中、箱の下のコインやファインダー枠の中のコインについては元あった場所、コップの中のコインについてはコップの下であり、箱の上のコインについては移動の詳細によって場所は変わることになる。

上の各例のような発話・要請を聞いた場合、計算機は以下のような動作をすることになる。

動作

- (i) シーンの構成：計算機は、箱の中（など）にコインが入っているシーンを構成する。
- (ii) シーンへの介入：計算機は、そのシーンから、箱（など）を横に移動させてみる。
- (iii) 推論：計算機は、移動において何が起こるかを推論する。対象の位置、移動の仕方などを推論し、結果の状態をシーンとして構成する。
- (iv) 探索：計算機は、要請に従って、結果のシーンにおいてコインを探索し、返答する。

推論・介入に際しては、計算機は重力や物質同士の相互作用（衝突など）を用いる必要がある。また、計算機は、他の可能性があることを把握していなければならない。移動方法についても様々な可能性の把握が必要である。（どの程度までの可能性を考えるかには、もちろん様々なレベルがある。）

以下では、計算機がこれをどのように推論するのか、その過程と、推論において計算機に求められる基本的原則を考えてみたい。こうした推論・行動において計算機に要請される諸事項が、非常に基本的なものであり、それに語「中」の特徴が加わることで、求められる結果が得られるならば、計算機が人間と同様の「理解力」を持っていると言えるであろう。

3.6 移動・経路、力・相互作用・障害

物体同士の移動と相互作用に関わる推論が、どうあるべきかを考えたい。次の例

- (13) 床の上、Aの右にBがある。Aを右に移動させる。ずっと移動させる。

に対して、

- ・（やがて）AはBにぶつかる。（Aを更に右に移動させると、Bが押されて動く。）

のような結論を得る（もちろん他の可能性もある）には、計算機に次のような諸事項を要求すべきであろう。

要求事項

- (i) 対象同士の相対的位置、相対的移動に留意する。
- (ii) 対象同士が相互作用するものかどうか、素材に留意する。
- (iii) 対象（特に物体）に、あるいは対象同士にどのような力のやり取り（相互作用）があるのかを、常に監視する。力などによって物体などがどう移動するかを把握する。
- (iv) 特に、物体同士が接触しているか、接触しながらどの方向に移動しようとしているかを監視する。
- (v) 対象の形がどのように変化するかを監視する。剛体のように、力によって移動しても形が変わらないものがある。
- (vi) 対象の移動が、どのような経路に沿うのかに留意する。経路が他の対象や他の移動経路と交わる位置を把握する。
- (vii) 衝突など、その後の予想が困難になるイベントを把握する。

例えば計算機が「重力の存在を知っている・理解している」とはどのようなことを指すかと言えば、それは推論過程でシーンを構成する際に、（支持する他の物体がなければ）物体が下へ移動するようなシーン構成を行うということである。計算機が「物体が剛体であることを知っている」とは、その物体が移動する際には構成原子の相対的位置関係が保たれた形で移動後の（移動中も）シーンを構成するということである。「剛体なるもの」についてのメタ知識がなくとも、形が変わらないことは知っていると言える。

上の例では、Aの移動経路をシーンの中で右に伸ばすことで、Bと交わること（実際は可能性が様々あるとしても）がわかり、AとBが相互作用する通常の物体であることから、AとBの接触・力のやり取りが結論付けられる。衝突は、特殊なイベントであるので、その後の状況を推論するには更に精緻な情報や推論技術が必要となる。衝突後も形が変わらないなど、いくつかの前提に立てば、Aに押されてBが動くだろうことも結論付けられるであろう。

3.7 箱の「中」のコイン

箱の中のコインが、箱の移動後にどこにあるのかを推論する過程は、以下のようになると考えられる。

まず推論の際に必要な知識には、以下のようなものがある。

一般的知識

- (i) 物体の移動経路が、相互作用するものに交わるとき、衝突が起こる。損壊などの特殊な事情がなければ、移動は阻まれる。
- (ii) 物体の移動は、連続的経路による。

「中」に関する知識

- (i) 「中」は場所である。箱の「中」は、箱（の壁たる物体）を境界とする。
- (ii) 箱の「中」は箱の位置に依存して決まる。箱が位置を変えれば（移動すれば）「中」も移動する。従って、他の物体との間に相対的移動が起こる。
- (iii) 「中」と「外」をつなぐ連続的経路は、どれも境界と交わる。

上で、「場所である」とは、「中」の指すものがどのような種類のものなのかを表している。「場所」は、計算機が対象を配置したり探索したりすべき範囲であり、物体と相互作用するものではなく、優れて概念的なものであり、……等々といった、物体的対象とは異なる扱われ方をするものである。計算機がそのように扱うということが、計算機がそれを「場所」的なものであると「知っている」ということである。このような意味でのものごとの種類としては、「場所」、「物体」、「こと」等々が考えられる。こうした種類を分類整理することも、今後の研究を待ちたい。

さて上の知識をもとに、計算機は、先にあげた要求事項に注意しながらシーンへの介入・推論を行う。推論が実際に計算機上でどのような具体的プログラムによって進められるかの詳細は、今後注意して検討すべきものであるが、その際に実現されるべき内容は以下のようなものであるべきであろう。

推論（「中」）

- (i) 箱の移動に際して、移動途上のシーンにおいて、コインは箱の「中」に対して相対的に移動していく。
- (ii) コインの移動経路はどの可能性においても箱（の壁）と衝突する。
- (iii) 発話には箱の損壊などに言及した記述がないので、箱は損壊しておらず、コインは移動を阻まれる。
- (iv) コインは箱の「外」に出ることはない。従って、コインは移動後も箱の「中」にある。

この中で、発話において箱の損壊が言及されていないことから、損壊は起こっていないと推察するのは、確実ではないが有効な推測である。

「不変の原則」：何も言われないのであれば、おそらく変化していない。

ここでどういうことが基本となるのか（「変化していない」ことになるのか）は、デフォルトで決まっていると考えられる（そのようなデフォルトを知識として計算機に備えつける）。

シーンを用いてシミュレーションを行った結果を、現実に見えている（見えているとすれば）箱と照合すれば、計算機が実際にコインを探すべき場所が分かることになる。

3.8 箱の「下」のコインその他

さてそれでは、箱の「下」のコインを探すことが要請されているときに、計算機は元々コインのあった場所を優先的に探すようになるのだろうか。その際にはもちろん、上記と同様の原則に従って動作する必要がある。

上記のような、推論・シミュレーションにおける要求事項や、移動等々に対する知識に、「下」や「上」特有の以下のような知識を追加する。ここでは、「上」は英語で言う ‘on’ 即ち接触している状況を指す狭義の意味に限定する。「下」も同じである。

「上」「下」に関する知識

- (i) 「上」「下」は場所である。「上」と「下」は表裏の関係にある（AがBの上にあるなら、BはAの下にある）。
- (ii) 箱の「上」「下」は箱の位置に依存して決まる。箱が位置を変えれば（移動すれば）「上」「下」も移動する。従って、他の物体との間に相対的移動が起こる。
- (iii) 「上」にある物体は、「下」にある物体に重力による力を加える。「下」の物体は「上」の物体を支持する。
- (iv) 「上」にある物体を（ごく普通の状況で）移動させる場合、まず持ち上げてから移動させる。従って、接触・支持関係がまず失われ、それから移動が起こる。

この知識のもとで、箱の移動をシミュレートすると、以下のような推論が行われることになる。

推論（「下」）

- (i) 箱の移動に際して、まず箱が持ち上げられ、箱の「下」にある物体との接触が失われる。従って、「下」にある物体とは相互作用の可能性が失われる。
- (ii) その後の箱の移動途上のシーンにおいて、箱はコインに対して相対的に移動していくが、発話には何らかの衝突などに言及した記述がないので、箱はコインに影響を与えていない。
- (iii) コインは（自走しないので）元の位置にとどまっている。

これが箱の「上」のコインであった場合は、箱の持ち上げにおいて、更にその「上」にあるコインが、箱の上への移動によって力を受け、持ち上げられた箱についていく。それがうまく続くかどうか、また箱のその後の移動によってコインがどのような影響を受けるかは、様々な可能性に敏感に反応するため、確定的なことが推論できないことになろう。例えば「上」にあるコインが箱に支持され続けるかは、箱の上面の角度に敏感に反応することを計算機は知っている（そういう知識を備えつける）。

次にファインダー枠の「中」のコインは、どのように処理されるか。ファインダー枠について

の以下のような知識が利用される。

ファインダー枠に関する知識

- (i) ファインダー枠は、概念的なモノで、物体ではない。物体との相互作用はない。従って自由に設定・移動等々ができるが、物体に影響を与えることはない。

ファインダー枠の「中」のコインの所在に関する推論は、結局のところ「枠がコインに影響を与えないので、コインは元の位置にとどまる」となる。即ち次のようになる。

推論（「ファインダー枠の中」）

- (i) ファインダー枠が移動すると、その「中」とコインとは相対的に移動する。
- (ii) コインの相対的な移動経路は、(そのうちおそらく)ファインダー枠と交わり、その「外」に出る。
- (iii) ファインダー枠(境界)とコインとは相互作用しないので、枠と移動経路の交わりによってコインが影響を受けることはない。
- (iv) コインは(自走しないので)元の位置にとどまっている。

最後にコップの「中」のコインについて考えよう。コップの場合、「中」を形成する「境界」はコップの壁面と開口部(デフォルトでは上部にある)に概念上設けられた線(2次元の世界では線となる)である。即ち、次のような知識が用いられる。

コップとその「中」に関する知識

- (i) コップの「中」を区切る「境界」には、物体と相互作用しない開口部がある。
- (ii) 開口部はコップの「中」の上方(デフォルトの配置では)にある。従って、そこを通る経路は、物体の移動を妨げない。

これにより、コップを回転(2次元なので、上下逆さになる)させた場合のコインの所在は次のように推論される。

推論（「コップの中」）

- (i) コップの移動(回転)において、コインはコップと相対的に移動する。
- (ii) コインの(重力に対する)支持は、初めコップの壁面であったが、それが変化する可能性がある。
- (iii) コインは重力によって常に下方に移動しようとしており、コップの壁面による支持が失われれば下方へ移動する。
- (iv) コップが回転する変化をシミュレーションにおいてたどると、上方にあった開口部が下

方に位置する状況がある。

- (v) コインの下方への移動が起こり、その移動経路がコップの「中」の概念的な境界（開口部）を横切ってコップの外へ通じる際に、境界との相互作用はない。
- (vi) コインはそのまま移動し、コップの「外」へ出て、そのまま下へ移動する（落ちる）。
- (vii) コインの下方への移動は、支持体としての床に衝突するまで続く。衝突後、そこにとどまる。

こうして、計算機が探すべきなのは、コップの下方の床の上ということになる。

このように、計算機は各発話に対して、シミュレーション・推論における基本的原則や一般的知識、そして各語の表す意味についての知識を全く同様に適用して動作することにより、人間が推論するのと同じ結論に至ることができる。その内部的動作は（著者らの内省によれば）人間の心的動作と対応するものであり、そのような動作を行う計算機は、正に「発話の意味を分かって行動（即ちコインを探索）している」と見なせると言えよう。

4. 計算機と言語表現

人間が用いる言語表現は、人間の興味のあることがらを考察したり推論したりするのに大変効率的なものであると考えられる。箱の中にあるコインが、箱の移動とともに移動後の箱の中に移ることは、概ね自明の事実である。もしこれを「箱の中」と表現せずに、

- (i) 箱の詳しい形状と詳しい初期位置
- (ii) コインの詳しい形状と詳しい初期位置（もちろん結果的に箱の中ではある）
- (iii) 箱の詳しい移動経路と移動中の箱の姿勢
- (iv) コインの材質、重さ、加速されやすさ、箱の材質との関係等々

によって表現したなら、移動後のコインの所在についてどのような推論をすべきであろうか。しかも、箱の詳しい移動経路が様々な可能性を秘めているとすれば、その全ての可能性を尽くしてシミュレーションを行うのであろうか。

人間がそのようなシミュレーションを行っているとは考え難い。移動やモノの所在に関する効率的な把握の仕方が、「中」か否かという方法であったことが、自然言語において「中」という語が維持され続けている理由の一つであろう。もし箱とコインの初期位置・形状が与えられたなら、まず確認すべきは「中」なのか否かである。効率的な推論はそこから始まる。

本論文では、こうした言語表現を用いた推論を計算機がどのように行う「べき」かについて見た。具体的な推論のプログラムや、図形的なシーンの具体的構成法は、今後の研究課題である。

推論を行うプログラムは、人間の脳の働きを詳しく説明する必要があると考えられ、内省によって推測するのは難しいかもしれない。しかし人間が図形的なシーンをどのように捉えているのかは、自らがどのように情景をイメージしているかを詳細に振り返ることで、かなりのことが分かるとも期待されよう。また、移動や動作を含むシーンの構成も、同様に今後の研究が期待される部分である。

参考文献

- Brugman and Lakoff. (1988) "Cognitive topology and lexical networks" In S. Small, G. Cottrell and M. Tannenhaus (eds.), *Lexical Ambiguity Resolution*. San Mateo, CA: Morgan Kaufman. 477-507.
- Fauconnier, G. (1985) *Mental spaces: Aspects of meaning construction in natural language*, 坂原他訳 (1996) 『メンタルスペース』白水社
- Fauconnier, G. (1985) *Mappings in Thought and Language*, 坂原他訳 (2000) 『思考と言語におけるマッピング』岩波書店
- Kamp, H, and R, Uwe. (1993) *From Discourse to Logic*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Russell, S and P. Norvig. (2009) *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (3rd Edition), Prentice Hall Series in Artificial Intelligence. Prentice Hall.
- 宝島格・今仁生美1 (2003) 「計算機による言語理解のための方策2」名古屋学院大学論集 人文・自然科学篇 第39巻2号 31-42
- 宝島格・今仁生美2 (2012) 「話者の想定から見た「中」と「間」の空間的および時間的用法」名古屋学院大学論集 言語・文化篇 第23巻第2号 21-42