

言語理解のコンピュータモデル

基研短期研究会 「動的脳観」
1989年 9月 9日 (土) 於 京都大学

野村浩郷 九州工業大学 情報工学部

1. はじめに

コミュニケーションにおいて、人は伝えられる情報を理解し、それに基づいて行動する。行動には、いわゆる問題解決と発話を含む。コミュニケーションはこれらの系列の繰り返しによって進められる。このとき、コミュニケーションに参加する人の一部を計算機に置き換えて考える。そして、人と計算機との間でのコミュニケーションを考える。すなわち、計算機が情報をどのようにして理解するか、また、理解した状態は計算機の内部でどのように表現されるかという問題を取り上げる。このような設定の下に、本稿は、工学分野におけるいわゆる人工知能の観点から、言語理解のためのコンピュータモデルについて考察する。

よく知られたチューリングのテスト[1]では、計算機が思考したとはその応答が人間の応答と区別できないことであると定義している。ここでいう思考とは広い意味の思考であり、理解や問題解決や発話を含む。理解とは、外部から伝えられた情報の内容を自分がおかれている環境と自分が持っている知識の下で解釈することである。問題解決とは、新しい情報を得たことにより不均衡となった自分の状態を均衡な状態に導くことである。これにはいろいろな動作を含む。与えられた問を解くことも一つの例である。新しく発想することも一つの例である。発話は、問題解決した結果の内容をコミュニケーションしている相手に伝えることである。このような立場に立つと、言語理解のためのコンピュータモデルとはチューリングのテストに合格できるように働くコンピュータ上の処理モデルということになる。これは、人間頭脳の機構に対応される。その機構が持つ能力が知能である。

思考の過程では知識を使う。また、思考の結果として得られた情報は知識として蓄えられる。そのため、それらの情報を表現しかつ格納しなければならない。すなわち、言語理解のためのコンピュータモデルには、知識あるいは一般に情報をどのように表現するかそしてそれらをどのように格納するかという問題が付随する。チューリングのテストに照らして考えると、表現された情報の内容は問題解決や発話や引き続く理解の助けとして自在に使えなければならない。また、情報を格納する機構は問題解決や発話や引き続く理解のために効率的に働かなければならない。言語理解という場における情報の表現と格納の問題をまとめて理解の表現と呼ぶことにする。

近年において、自然言語の計算機処理に関する研究が活発に推進されてきた。第一に取り上げるべき研究は、1970年代始めのWinogradによる言語理解システムSHRDLU[2]である。これは、積木の操作という限られた世界を対象とし、積木を適切に操作するという振舞によって言語理解という問題への一つのアプロー

チを示した。このシステムにおける理解のプロセスは、知識を使うパターンマッチによる推論である。また、理解の表現は、積木の操作を指示する手続きである。これとは別に、質問応答システムあるいは自然言語インタフェースとして、計算機に格納されているデータベースを検索して質問に正しく答えることで言語理解を示した研究もある[3]。このときの理解の表現は、質問という形の言語表現が指示している内容をデータベース検索のためのキュアリとして表現するものである。また、近年になってとみに活発になってきた機械翻訳では、言語理解を翻訳によって示した[4]。このときの理解の表現は翻訳文章である。すなわち、原文章の内容を正しく理解した証拠として正しい翻訳文章が生成される。

言語理解を行っている処理の途中の段階でも情報を一時的に表現し蓄えることがある。それを中間表現と呼ぶ。したがって、中間表現は、理解の進行の途中における理解の表現である。中間表現が表わす情報の内容は、言語表現に関する言語学的な情報などである。例えば、文の文法的な構造や語の意味などがある。中間表現の表現枠組みとしては、構文木やセマンティックネットワークや論理式などがある。

現在の自然言語処理技術が達成している言語理解は、荒く小量の意味情報を活用する構文構造の理解である。したがって、理解の表現もそのような内容に基づいている[5]。最近では、より高度な言語理解を目指して、談話情報の理解や表現に関する研究[6]、状況情報の理解や表現に関する研究[7]、および心的情報の処理や表現に関する研究[8]などもある。その外に、いわゆるデータとしての知識表現に関する研究は従来からたくさんある[9]。しかし、いずれもまだ試みの段階にあり、高度な理解やその表現を達成するまでには至っていない。

言語理解で扱う情報の内容として現在までに扱われてきたものには、構文情報、意味情報、文脈情報、談話情報、専門知識、常識などがある。ただし、これらすべての情報が言語理解のために自在に活用されてきたわけではない。英語などの欧米語の処理では、構文情報とある程度の意味情報が使われてきたにすぎない。日本語の処理では、格構造と呼ぶ意味情報が主として使われてきた。したがって、高度な言語理解を達成するためには、今後において検討しなければならない問題点が多い。

別の観点から情報を分類すると、語彙情報、構造情報、機能情報、談話情報、状況情報などに分けられる。語彙情報は構文的分類および意味的分類を辞書に記述する。構造情報や機能情報は文法として規則に記述する。辞書や文法規則は現在の自然言語処理のための基本データとして使われている。談話情報や状況情報もデータとして記述する。しかし、これらを効果的に活用するところまでには至っていない。

これらの言語情報が持つ法則を定式化する言語理論としては、1950年代の終わりに提案された句構造変形生成文法理論がある。これは、計算機プログラミング言語や形式言語の処理方式を発展させた。そして、英語などの構文構造処理に多く活用されている。最近になって、新しいいくつかの計算言語理論が提案された。それには、LFG(Lexical-Functional Grammar)[10]やGPSG(Generalized Phrase Structure Grammar)[11]やCUG(Categorial Unification Grammar)[12]などがある。これらが言語理解の技術をどれくらい飛躍させることができるかはまだ未知数である。

情報の表現の枠組みとして現在までに使われてきたものには、標識、規則、フレーム[13]、セマンティックネットワーク[14]、スクリプト[15][16]、論理式などがある。記述様式としては、手続き的なものと宣言的なものがある。標識には、語の品詞、句の標識、セマンティックカテゴリなどを標識としてそのままの形で表現する。すなわち、ラベルという形式で表現する。規則は、文の構文構造を命題の形で記述する。このとき、規則は文脈自由型で表現するものが多い。フレームは対象に関連する典型的な状況すなわち空間的な広がりパターンで記述する。このパターンは、項目の集合である。各項目にはパターンの中におけるその項目の役割が記される。セマンティックネットワークは、対象の属性や対象と対象との間の関係をグラフの形で記述する。スクリプトは、事象の系列における因果関係すなわち時間的な流れをグラフの形で記述する。論理式は、これらの情報や関係をいわゆる記号論理の表現様式を使って記述する。

本稿では、言語表現が表わす意味情報の理解とその記述を中心にして話を進める。この意味情報には、現在まで十分には扱われていなかった状況情報や談話情報も含める。まず、理解のモデルの概略を説明する。続いて、意味情報の単位としての概念について述べる。そして、その記述枠組みとしてのフレームやセマンティックネットワークについて述べる。次に、事象系列に関する情報とその記述枠組みとしてのスクリプトについて述べる。そして、それらを階層的記憶構造に統合することにより、情報の同化すなわち想起と記憶という過程を通じて上に述べる各論を全体的な言語理解のモデルへ統合する。最後に、この言語理解モデルを実現する機構の一例としてニューロンネットワークを考察する。

2. 理解のモデル

2.1 コミュニケーションにおける言語科学

言語により、人類の社会生活に欠くことのできない思考・伝達・記録などを含むコミュニケーションが可能となる。これらに参与する問題の追究に係わる言語的側面からみた学際・技術領域を「言語科学」と呼ぶことにし、その観点からの理解のモデルを考えることにする。[17]

言語は時間的・空間的コミュニケーションの手段である。言語は人類の生活・文化に根ざしているから、言語科学は終局的にはそれらのすべてを含めてモデル化・体系化するものでなければならない。しかし、それは不可能である。問題点を明確にしかつ形式的取り扱いを容易にするため、学術・技術の発展の段階に照らして、問題を局所化・簡略化して考える。ここでも、コミュニケーションを言語の一側面から簡略化して考える。そして、工学的なコンピュータモデルの設定を計る。

2.2 交話モデル

コミュニケーションのための媒体は情報の発信者と受信者との双方へ接合される。それぞれはその媒体から情報を受け取ることができかつその媒体へ情報を送ることができる。このとき、当然のことながら、両者は意志に基づき情報を発生させることができ、かつ受け取った情報の内容を自分に照らして理解でき

る。このような状況・条件下で行われる両者間の相互作用を「交話」と呼ぶことにする。

交話が成立するためには、発信者と受信者は共通の前提を持たなければならない。この前提には、それぞれがおかれている環境やそれぞれが知っている知識やそれぞれが持っている知能が含まれる。しかし、発信者と受信者との前提の間には一般に「ずれ」がある。したがって、交話が成立するためにはそのずれを吸収する機構が必要である。そのような機構を「交話モデル」と呼ぶことにする。その概念図を図1に示す。

情報表現のために発信者と受信者が使う言語がいわゆる日本語とか英語とかの異なる言語であったり、例え同一言語に分類されていても古語と現代語の関係であったりするような場合も交話に含める。また、自分自信も交話の相手になり得る。すなわち、交話モデルは、共通の言語を持ち共通の前提を持つ人間の間におけるコミュニケーションと同じく、異なる言語や異なる環境や異なる知識を持つ人間の間におけるコミュニケーションをも保証するためのものである。ここではコンピュータモデルを検討するのであるから、発信者あるいは受信者の一部は計算機であるとする。

2.3 受発話モデル

発信者、受信者という名前は情報が伝わる方向によって便宜的につらわれているにすぎない。両者をまとめて受発話系と見なすことにし、そのモデルを「受発話モデル」と呼ぶことにする。交話のための媒体やそれを伝って運ばれる情報の形、例えば音波や電気信号の形などには関知しないことにする。ここで最も重要となるのは受発話モデルの機構と機能である。話を簡明にするため、以下では、図1に示したような、モデルの主要な構成素に焦点を当てて述べることにする。

受発話モデルが外部と直接的な係わりをもつのは、情報の受信と発信においてである。このとき、モデルの内部では、受信の後および発信の前に常に情報処理が行われる。これは、情報の「解析」、情報内容の「解釈」、それに基づく反応のための「立案」、その反応を発話するための「生成」に分けて考えられる。

受発話モデルは、図2に示すように、「意味理解」プロセスの構成素に対応づけて考えることができる。すなわち、解析は「認知」に、解釈と立案はまとめて「問題解決」に、生成は「行為」に、それぞれ対応づけできる。また、翻訳においては、「翻訳」プロセスの構成素にも対応づけできる。解析と生成はそのままとし、解釈と立案はまとめて「変換」に対応づけられる。その他に、データベースへの自然語インタフェースやエキスパートシステムなども同様に対応づけできる。これらの応用モデルの間の相違点は、交話の特定の側面を重視・強調することによって結果的に顕在化したものである。したがって、それらの間での重点の置き方は違ってもモデルの根幹は共通し、交話や翻訳を意味理解モデルの下で考察できることになる。

2.4 意味モデル

意味理解を支えるものが、図3に示すように、「意味モデル」である。これは、1)言語の法則に関するものとしての「言語モデル」、2)言語表現された内容を

解釈するための場としての「状況モデル」、3)意味・知識を表現・蓄積・想起するための「記憶モデル」、から構成される。

意味モデルを二つの方向に具現化したものが「知識ベース」と「処理機構」である。知識ベースはデータであり、処理機構はアルゴリズムである。計算機の上では、これらは、それぞれがデータとプログラムに対応する。これらを融合させると「意味理解システム」が定義できる。そして、種々の応用が考えられる。これを人間頭脳に例えるならば、知識ベースは「知識」に、処理機構は「知能」に対応する。

知識ベースは、日本語や英語など言語ごとの語彙・文法などに関する「言語内知識」と、日本語と英語を語彙的および文法的に結び付ける「言語間知識」と、一般常識や専門知識からなる「言語外知識」と、により構成される。処理機構は、「解析」、「加工」、「生成」の機構からなる。

交話は特定の自然的・社会的な状況の下で行われる。それを「状況ベース」と呼ぶことにする。知識はこの状況ベースの下で例示・解釈されて活用される。すなわち、状況ベースは交話の行われている周囲状況の短期的な時間・空間的集積である。それには、相手の受発話モデルも含まれる。すなわち、いわゆる相互知識が含まれる。したがって、交話内容は相手によって変わり得る。受信者や発信者の心理モデルも状況ベースに含まれる。すなわち、コミュニケーションの意図、目的、焦点などが含まれる。

知識ベースの知識を格納する機構を「記憶ベース」と呼ぶ。状況ベースにおける情報もこの記憶ベースの機構により格納される。ある状況下において実施された交話により得られた経験は知識となる。したがって、それも記憶ベースの機構により格納される。その内容は知識ベースに学習・汎化される。

3. 概念とその表現

3.1 言語表現と概念

言語表現を中心にして考えれば、言語表現が指し示す対象がいわゆる言語表現の外延であり、言語表現の内容を特徴づけるものがいわゆる言語表現の内包である。言語表現の外延とは、実際に存在する物や事象や状態であったり、概念上のそれらであったりする。言語表現の内包とは、その言語表現の全体やその言語表現を構成する個々の要素についての言語学的な情報であったり、人間が解釈している意味内容であったりする。

個々の言語表現をその内包に同定するための情報の単位として概念を考える。さらに、話を簡単にするために、言語表現の内包を概念で表わしてしまう。概念には、個物などのモノを参照する語に対応づけられるものもあれば、事象や状態などのコトを参照する句や文に対応づけられるものもある。また、モノやコトの静的な関連や動的な関連を参照する文章に対応づけられるものもある。

言語表現の最小単位は語であると仮定する。語があればその語だけからなる言語表現の内包としての概念が存在する。逆に、概念があればその言語表現として語を割り振ることができる。語を組み合わせると文となり、文を組み合わせると文章になる。したがって、文や文章にもそれぞれの言語表現の内包としての概念が存在する。同様に、概念があればその言語表現として文や文章を割り振ることができる。

言語表現が一つの語だけからなるときには、その内包としての概念は比較的容易に考えられる。例えば、「犬」とか「棒」とか「あたる」とかいった言語表現に対する概念がある。このような概念はそれぞれ単一概念とみなされる。言語表現が複数の語からなるときには、その内包としての概念はその言語表現を構成するそれぞれの語の内包としての単一概念を組み合わせることにより表わされる。例えば、「犬が棒にあたる」という言語表現に対する概念は、「犬」と「棒」と「あたる」に対するそれぞれの概念が組み合わさったものである。そのときの組合せ方は、「犬が棒にあたる」という言語表現を得るためにそれぞれの語を組み合わせた組合せ方に準じる。このように、単一概念は外の単一概念や複合概念と組合わさって複合概念をつくる。そして、概念の組合せ方は、語を組み合わせて文をつくり文を組み合わせて文章を作るときの言語学的な構造に対応する。

単一概念は複合概念の構成要素である。これを概念要素と呼ぶことにする。しかし、単一概念を原子概念とはみなさない。単一概念は複合概念につけたラベルであると考え。これは、語の定義を文や文章で行なうことに対応している。また、文章に題名をつけることに対応している。題名が句や文であるときには、それに一つの語を割り振ることができる。これらの違いは、単一概念に相当するラベルづけがされているかどうかの違いだけであると考え。したがって、複合概念は単一概念の構成要素となり得る。すなわち、個々の概念の定義は相対的なものであり、絶対的なものの上に組み立てられているのではないと考える。

このように、言語表現の内包の記述のし方にはいく通りもありえる。その中には、単一概念もあれば複合概念もある。複合概念にも複数通りの記述のし方がある。

単一概念でラベルづけされていても、その複合概念としての記述のし方が違えば異なる概念であるとも考えることもできる。そのときには、個々の複合概念は、本来、異なる単一概念でラベルづけされなければならない。しかし、実際のコミュニケーションにおいては、それらをまとめて同一の単一概念で参照する場合が多い。むしろ、そうすることによりコミュニケーションが成立する。これは理解の問題であり、概念の定義の問題ではない。すなわち、理解において前提がそのずれを吸収する。

理解の表現のためには、複合概念を記述するための道具だてが必要となる。その一つが上に述べた概念要素である。さらに、概念要素を組み合わせるための概念関係が必要となる。

3.2 理解と概念

理解とは言語表現を介して言語表現の外延と言語表現の内包を結びつけることであると考え。そして、ここでは言語表現を介しての理解の問題を考えるのであるから、言語表現の外延と言語表現そのものを同一視する。すなわち、理解とは、言語表現に概念を同定させることであるとする。

概念の解釈を理解の内容とすべきであるが、ここでは、概念そのものを理解の内容とみなす。すなわち、言語表現を介するコミュニケーションにおいて理解が行なわれたとは、発話者が伝えようとした概念を言語表現して発信したとき、受話者が受信した言語表現の内包として発話者のものと同じ概念を受話者

が同定することであると考える。別のことばでいうと、発話者が持っていた概念が言語表現を介して受話者の概念に同定されることである。同定は、既存のものへの対応づけのときもあれば、新しく形成されるときもある。

言語表現の内包としての概念には「ずれ」がある。これは、人や文化や言語や社会などの違いによって生じる。一人の人においても、心理的な要因や状況的な要因や時間経過的な要因などによってずれが生じる。概念の元の内容とずれが生じた後の内容とが矛盾する場合さえもある。

コミュニケーションにおいては、伝えるべき情報がすべて言語表現されるとは限らない。言外の前提がある。その言外の前提の下に、発話者が伝えようとした概念が受話者の概念に同定される。これが理解である。すなわち、言外の前提は言語表現の不備をおぎなう。発話者と受話者との間にある概念のずれが言外の前提により吸収される場合も多い。

発話者と受話者との間で言外の前提の認識にずれがあれば、同一の概念が同定されても理解が異なったり、異なる概念に同定されても同一の理解が行なわれたりする。さらに、異なる概念に同定されかつ異なる理解が行なわれることもある。これらをそれぞれ理解不足および誤解と呼ぶ。このような場合でさえも、コミュニケーションが成立しているかにみえる場合がしばしばある。

言外の前提として、状況情報および談話情報を考える。これらをまとめて談話状況と呼ぶ。状況情報は外的なものであり、外部状況と知識と常識とからなる。知識には、過去の経験と専門領域の知識を含む。談話情報は心的なものであり、意図、目的、焦点、相互知識などからなる。共通の談話状況を認識した上で同一の概念に同定されたとき理解が行なわれたとみなす。また、チューリングのテストの意味においてその複合概念の記述が自然言語処理の目的を達するにたる内容であるときそれを理解の表現とみなす。

理解の過程は言語表現へ概念を同定する過程として表わされる。単一概念の同定はラベルの同定により行われる。複合概念の同定は、パターンマッチにより行なわれる。パターンマッチは、パターンの形と内容を単純に比較するものと、分析的または合成的に比較するものがある。

3.3 概念要素

言語情報という観点から概念要素を考えると、構文情報、意味情報、文脈情報、談話情報、状況情報などに分類されるものがある。

構文情報には、語や句などに与える標識がある。語の品詞や句の標識である。また、語の構文的な属性や機能もある。人称や数や時制などである。意味情報には、意味分類による類の標識がある。意味分類には、語の意味的な属性の分類とともに語の機能の分類をも含む。語の機能は関係として扱われる場合も多い。これらは、現在の自然言語処理でも広く使われている。[18]

談話状況も言語表現が可能であるので、これらの概念要素を使って記述される。すなわち、談話状況のための特別な概念要素はない。心的なものや知覚的なものの中には、実際上の問題として、どのような概念要素を対応づけてよいか明確でないものもある。ここでは、そのようなものには当面は関知しない。

Schankは理解を概念形成に対応づけて考え、それを概念化と呼んだ。概念化のための道具として概念要素と概念依存関係を設定した。また、概念化の結果を記述する様式として概念依存構造を設定した。

概念要素としては、基本動作として、PROPEL（力の作用）、MOVE（移動）、INGEST（入れる）、EXPEL（取り出す）、GRASP（つかむ）、PTRANS（位置関係の変化）、ATRANS（所有関係の変化）、CONC（思考）、ATTEND（感覚）、MTRANS（心理的な変化）、MBUILD（心理的な構成）、の11個を設定した。

これらは、動作動詞の概念分類とみなすことができる。これだけの概念要素ですべての概念を記述しようとするには大変な困難が伴う。一般に記述要素を少数に設定すると、一つの記述要素を場合によって区別するために他の種類の情報をたくさん用意しなければならない。情報の種類としてどのようなものを設定しそれぞれの種類でどれだけ細分化するかは、記述の詳細さおよび理解の深さに関わる。また、工学的には、記述の効率および処理の効率にも関わる。

すべての語はそれぞれ単一概念に対応するので、単一概念は概念要素である。したがって、概念要素の数は少なくとも語の数だけはある。また、複合概念にはそれを代表する単一概念に対応するラベルを与えることができるので、潜在的な概念要素の個数は少なくとも言語表現の数だけある。言語理解とは、このような意味で、言語表現に概念要素を同定することである。ただし、チューリングのテストに合格するためには、概念要素をそれに対応する複合概念に同定することも必要である。したがって、言語理解には、言語表現の全体およびその構成要素に対してもそれぞれ複合概念を同定することを含む。

3.4 概念の表現

概念要素はそれに与えられているラベルで表現される。したがって、単一概念の表現はラベルの記述で行なわれる。

複合概念はそれを構成している概念要素のラベルを概念要素の間の関係を使って結合して表現する。これは、セマンティックネットワークと呼ばれる。概念要素の間の時系列的な関係などを表現する場合には、Schankのスクリプトなどの形式で表現する。

概念とそれに関連する概念を集散的に集めて一つのパターンとして記述するときには、Minskyのフレームの形式で表現できる。フレームは、一つの対象を記述するとき、その対象に付随する典型的な情報をまとめて記述するための枠組みとして考えられた。したがって、対象に関する情報とそれに付随するものの情報との間には何らかの関係があり、そのためフレームは関係情報を表現する枠組みの一種であるとも考えられる。

フレームは、たとえば、「部屋」という言語表現に対応する概念を記述するための枠組みとして、部屋に付随する壁や天井や床や窓や出入口などに関する典型的な状況を記述できるように用意しておく。そして、実際の個々の部屋に関する典型的な状況の個々の内容を具体的に記述することにより、その部屋についての情報を記述する。たとえば、花子の部屋は、壁は白く、天井は布貼りで、床はビニールタイルで、窓は引き違いガラス戸で、出入口は片開きドアであるとする、これらの内容を記述することにより花子の部屋についてのフレームが記述される。

「花子の部屋」という言語表現から直接的に上に述べた花子の部屋のフレームが記述されるのではない。花子の部屋のフレーム記述はあくまでも状況情報としての記述である。「花子の部屋」という言語表現に同定される複合概念は

その言語表現と平行な構造を持つ。これに知識としての花子の部屋のフレームが関連づけられると理解の表現となり、チューリングのテストのために活用できるようになる。もし、言語表現が「花子の部屋は、壁は白く、天井は布貼りで、床はビニールタイルで、窓は引き違いガラス戸で、出入口は片開きドアである」ときは、状況情報の知識として記述されているフレームと同じフレームがこの言語表現の概念として記述される。

フレームは全体がパターンの形をしており、パターンの構成要素としてそのような典型的な状況を構成する一つ一つの要素を記述するための枠組みを用意する。それをスロットと呼ぶ。スロットに書かれる情報をフィラーと呼ぶ。スロットにはフィラーが満たすべき条件が規定される。

フレームに情報が記述されると、そのフレームが表わす対象についての知識があることになる。したがって、質問に答えられるようになる。「花子の部屋の壁はどんなですか」という質問には、「白い壁です」と答えられる。この意味で、フレームは一つの理解の表現になる。

フレームには手続きも記述できるので、記述内容に関する推論も記述できる。たとえば、「鳥」という概念の下位概念には「カナリア」や「ヤンバルクイナ」などがあり、鳥の性質には「飛ぶ」がある。そのとき、「ヤンバルクイナ」のスロットには付加的な記述として「ヤンバルクイナの羽は後退し、飛ぶことができない」という推論を記述できる。これにより、例外処理や特殊処理などができるようになる。

典型的な状況は、一種のデフォルトとして扱える。デフォルトとは、情報を暗黙に仮定しておくことである。部屋が四角い形をしていること、部屋には壁や天井や床や窓や出入口があることなどもデフォルトである。壁や天井や床や窓や出入口の具体的な内容にもデフォルトが存在する。そのような仮定に従わないものについてのみその内容を記述するようにすると、工学的な意味で記憶容量を節約でき、かつ談話状況が明確ではないときでも常識的な範囲での推論が行えるようになる。

4. 概念関係の表現

4.1 概念関係

事象は概念要素を概念関係で関係づけることにより表現される。Schankは、概念関係として、ACTOR（動作主）、OBJECTIVE（対象）、RECIPIENT（受領）、DIRECTIVE（方向）、INSTRUMENT（道具）などを設定し、それを概念依存関係と呼んだ。そして、先に述べた概念要素とこの概念依存関係とにより、事象に対する言語表現の内包としての複合概念を概念依存構造と呼ぶ形式で記述した。すなわち、Schankの場合にはこの概念依存構造が理解の表現であり、概念依存構造を作る概念化のプロセスが理解のプロセスである。[19]

計算言語学の分野では、概念関係として、格構造における格関係がある。言語理論において関係が直接的に設定されない場合でも、その背後には関係がみられる。たとえば、構造の表現にもその内容には関係の情報を持つ。句構造では、ヘッドとそれ以外との関係が構成する構造を表現する。また、構文機能や意味機能として設定されているものも関係を作る。機能は外のものに働きかけるものであるから、そこにはおのずから関係がでてくる。LFGでは機能として下

位範疇化を使い、GPSGでは機能として素性の伝パンを使う。また、機能として支配関係を使うものもある。属性もメタ関係によって表わされる。

日本語の処理では、言語モデルとして格構造が多く使われてきた。格構造は、格要素と格関係によって表わされ、格関係が表現を構造化する。ただし、格構造は、フラットな形をしている。格関係は、述語とその述語の引数との間の関係である。たとえば、5W1Hに例えられるように、「だれが」、「なにを」、「だれに」、「どこで」、「いつ」といった情報を表わす。機械翻訳などでの実際の日本語処理では、30個ないしは40個位の格関係を使うものが多い。例えば、動作主格、対象格、時格、場所格、源泉格などがある。格関係によって述語に結びつけられるものを格要素と呼ぶ。Schankの概念依存関係は格関係の一種であるとみなすこともでき、概念依存構造は格構造ともみなすこともできる。

格関係は、単純な構造をした文について設定されたものである。すなわち、基本的な構造をした文についてのものである。したがって、複雑な構造をした文については格関係と同様にもっと別の関係を設定できる。助動詞が表わす可能、使役、受け身、相、時などの情報は法関係として表わされる。付加詞句や埋め込み文あるいは関係詞節などについても関係が設定できる。これらは、階層的な構造を作る。並列や接続についても関係が設定できる。複合語の内部構成についても関係が設定できる。事象の間の関係も同様に設定できる。原因・理由関係などである。これらの関係は現在の機械翻訳などにおける日本語処理では非常によく使われている。

4.2 セマンティックネットワーク

複合概念は、セマンティックネットワークの形式で表現できる。セマンティックネットワークとは、構造をグラフとして表現する枠組みである。概念要素はノードとして表わされ、概念関係はアークとして表わされる。

概念関係として、まず、上位一下位の関係を考えよう。「ヤンバルクイナは鳥である」という叙述はヤンバルクイナと鳥との間の上位一下位の関係を規定する。これはIS-Aの関係としてよく知られている。つぎに、全体一部分の関係を考えよう。「羽は鳥の一部である」という叙述は羽と鳥との間の全体一部分の関係を規定する。これは、A-PART-OFの関係としてよく知られている。また、「羽は布団の一部である」という叙述も羽と布団との間の全体一部分の関係を規定する。ただし、この場合は、羽が布団の材料であるという別の関係も規定する。その外には、シソーラスにおける関係としてよく知られているものに、同義、類義、反義などがある。これらもすべてセマンティックネットワークで表わされる。

事象に関わる情報もセマンティックネットワークで表わされる。格関係や法関係などがそうである。いわゆる属性もセマンティックネットワークで表わされる。このときの関係は、属性であるというメタ関係とみなされる。付加詞句や修飾句は属性としての階層的な構造を作る。修飾句には、埋め込み文も含まれる。

事象における意味関係は談話状況により特定される。談話状況は属性として表わされる。談話状況の記述には事象の記述を含む。これもセマンティックネットワークで表現できる。

概念依存構造はセマンティックネットワークの一種である。セマンティック

ネットワークはフレームの形でも記述できる。その例は、格構造解析の中間表現にみられる。概念とその関連概念を一つのフレームで表現し、関係を使ってネットワーク表現することもできる。これをフレームネットワークと呼ぶ。これも格構造解析の中間表現として使われている。

5. 事象の流れの表現

5.1 事象の流れ

事象の流れは文の系列として表わされる。これには、重文における節の系列も含めて考える。事象の流れで表わされる意味内容には、原因－結果や仮定－結論や時間経過や羅列などの概念関係がある。これらを事象関係と呼ぶ。重文の場合にも二つの単文の間に事象関係がある。

事象の流れにおける概念関係は、接続表現という形の言語表現の概念として現われる。事象の流れにおける意味関係が、言語表現には直接的に現われない場合も多い。そのときは、談話状況による推論によって事象関係が同定される。

事象の系列においては、それぞれの事象を記述する部分的な言語表現の間に照応関係がある。これも概念関係の一種である。

照応関係は、いくつかの関係に細分される。一つの文に現われた語などの言語表現が引き続く文にも現われる場合には、それらは同一の単一概念によってラベルづけされる。異なる言語表現がそれらの外延として実世界における同一の対象を指示する場合には、談話状況を前提として異なる言語表現が同じ単一概念によりラベルづけされる。代名詞や指示詞や消失項が別の言語表現を参照する場合には、談話状況を前提としてそれらを同定する。このとき、構文的情報によって簡単に同定できる場合もある。

5.2 スクリプト

Schankは事象の時間的な系列を表現する枠組みをスクリプトとして定義した。よく知られたスクリプトの記述例にレストランでの事象系列がある。たとえば、a) レストランに行く、b) 食事を注文する、c) 食べる、d) 料金を払う、e) レストランを出る、である。スクリプトはこれらの個々の事象を事象関係でグラフ表現する。個々の事象は概念依存構造で表現する。

この事象の系列の中には、いくつかの基本動作としての概念要素が登場する。レストランに行くという物理的な移動が起こる。メニューをみることにより、何を食べるかについて心理的な構成が行なわれる。食事を注文することにより、その人とウェイトレスとの間で心理的な移動が起こる。食事がでてくるとそれを食べることにより、食物をその人の体内に入れるという動作が起こる。食べたことにより空腹感がなくなるという心理的な変化が起こる。料金を支払うとお金的那个人からウェイトレスに移動する。そして、その人はレストランから出ていく。これでレストランでの事象は完了する。

スクリプトもセマンティックネットワークやフレームないしはフレームネットワークの様式で表現できる。このとき、事象関係は概念関係の一種として扱われる。

6. 理解の構造

6.1 記憶の構造

言語表現を介しての理解を考えているので、記憶の構造もそれに合わせて考える。記憶の構造として、エピソード記憶とディスコース記憶とグランドメモリと呼ぶ三つの階層構造を考える。これらはいわゆる短期記憶と中期記憶と長期記憶とに相当する。

辞書や文法などの言語情報はグランドメモリに記憶する。知識や常識もここに記憶する。コミュニケーションの過程で参照する情報および生成する情報はディスコースメモリに蓄える。これには談話状況も含まれる。言語表現の解析により生成される中間表現はエピソード記憶に蓄える。これらの三つのメモリの中での情報の具体的な表現は、すでに述べた概念の記述および概念構造の記述にそうものとする。

三つの記憶階層には階層としての深さがあるものとする。グランドメモリは最も深い階層にあり、外部から直接参照されることはない。ディスコースメモリは中間の深さの階層にあり、グランドメモリの内容の例示であるとともにエピソード記憶の汎化でもある。ディスコースメモリも、外部から直接参照されることはない。エピソード記憶は、最も浅い階層にあり外部から直接参照される。あるいは、発話や受話はこのエピソード記憶の上で行なわれる。

6.2 理解のプロセス

理解のプロセスは三つの記憶階層における情報の同化のプロセスで示される。同化のプロセスは、より深い階層の記憶からの情報を談話状況の下で例示することと、より浅い階層の記憶からの情報を談話状況の下で融合させることとの両方からなる。これらは、想起と記憶という現象に対応する。

想起は、談話状況に基づいてグランドメモリの内容をディスコースメモリに例示する。この例示の下で言語表現が受信されると、その言語表現の解析の進行にともなって概念化が行なわれる。まず、いわゆる形態素解析では語に対応する概念要素がディスコースメモリからエピソード記憶にコピーされる。このとき、通常は一つ概念要素には同定できない。つぎに、いわゆる構文意味解析では語の組合せに対応する複合概念がコピーされる。このとき、複合概念の全体がコピーされることもあれば、部分的な複合概念あるいは概念要素とそれらに関係づけるための概念関係をコピーしそれらを使って概念形成を行なうこともある。エピソード記憶の上で形成された概念はディスコースメモリにすぐさま伝達される。この伝達が融合である。伝達された情報に基づいて談話情報が修正され、それによりディスコースメモリ上の例示も修正される。その修正にともなってエピソード記憶の上で形成された複合概念も修正される。このような動作はエピソード記憶とグランドメモリとの間でも平行して行なわれる。その中でグランドメモリへの融合が狭い意味での記憶である。

伝達と修正は安定状態になるまで繰り返される。安定状態にあってもそうであっても言語表現の新しい部分が受信されると概念化の更新が起こり、それにより再び伝達と修正の繰り返しに入る。

修正は曖昧さを減少させる方向に進む。これは概念記述の種類の選択岐を少

なくする。また、選択制約としての談話状況の記述内容を詳細にする。修正には汎化を含む。この汎化には帰納的な側面がある。すなわち、概念化により得られた個別情報を既存の情報に融合させるとき一般化する。これがいわゆる学習である。

6.3 談話状況の記述

談話状況に関する情報も言語表現が可能であるが、ほとんどの談話状況は言語表現されない。したがって、談話状況に関する曖昧さを解消し尽くすことはできない。しかし、これは意味理解の不可能性を示すものではない。曖昧さを認識した上での理解が可能である。チューリングのテストが行なわれるときには、そのテストにおいて与えられる談話状況により曖昧さが解消される。

6.4 理解の表現

理解の表現は上に述べた階層的記憶構造の記述の内容で表わされる。すべての階層における表現の形式は同一である。すなわち、概念要素を概念関係で関係づけて概念構造を作る。関係の種類によっては、概念構造は階層構造を持つことになる。

言語表現の直接的な理解の表現は、エピソードメモリに形成された概念記述である。これは、一時的なものである。チューリングのテストに合格できるという意味での理解の表現は、ディスコースメモリに形成された概念記述である。知識を持っているという意味での理解の表現は、グランドメモリに形成された概念記述である。

記憶構造の三つの階層は説明の便のためである。実際には一つの記憶構造で表わされる。このとき、例示や概念形成は談話状況に基づく記憶構造の部分的かつ短期的な活性化であるとみなされる。それらの役割の違いによって深さの違う階層を設定したにすぎない。

概念記述の具体的な表現は、すでに述べたように、フレームとセマンティックネットワークとスクリプトを合わせたようなものである。表現される内容は格構造を一般化したものである。一般化は情報の内容についてであり、事象のさまざまな側面と事象の系列に関するものである。

7. ニューロンネットワークモデル

7.1 概念空間と言語理解

概念の間には関係がある。したがって、概念は空間のようなものを構成し得る。それを概念空間と呼ぶ。概念空間の軸は概念要素である。このとき、言語理解とは、言語表現に概念空間の点を同定することになる。

言語表現が持つあいまい性により、言語表現そのものは概念空間の多くの点に対応する。それを絞るのが談話状況である。しかし、談話状況にもあいまい性がある。したがって、言語表現と概念空間の点との同定にはあいまい性が残る。

概念空間をあらかじめ完全に構成しておくことはできない。それは、言語表現の数が多すぎることと、言語表現と概念との対応が変化すること、将来において創造される言語表現や概念がありえることによる。

概念空間部分空間を設定したとしても、言語表現とそれに対応する概念空間の点との対応表を用意しておくわけにはいかない。したがって、言語表現と概念の同定は言語表現の分析とそれに基づく複合概念の形成を通じて行われる。分析は、言語表現の表層の構成を文法に則り解析することで行われる。形成は解析の結果に基づく構造の作成により行われる。

あいまい性は二つに分けられる。一つは、語に対応する概念要素の選択のあいまい性である。もう一つは語の組合せに対応する概念関係の選択のあいまい性である。さらに、概念関係の選択のあいまい性は、概念関係がむすびつける概念要素の選択のあいまい性と、どの概念関係を選択するかのあいまい性の二つに分けられる。これらの選択は、談話状況によって制御される。

7.2 ニューロンネットワーク

概念空間を実現する機構としてニューロンネットワークを考える。ニューロンネットワークは機構的に制約が大きい。そのため、チューリングマシンの機構を使う場合に比べて処理上の柔軟性が失われる。すなわち、少数の法則で定式化されていない言語理解の処理に適しているかどうかは分からない。また、個々の言語表現をニューロンネットワークにどのようにして写像するか、概念要素や概念関係をニューロンネットワークのどのような機構ないしは機能に写像するかという問題もある。しかし、言語理解にはあいまい性の解消の処理が多くあり、それは並列的に処理できる部分も多い。したがって、ニューロンネットワークの上での処理にもメリットがあるかも知れない。

言語表現に対応する概念をニューロンネットワークの励起状態に対応づける。言語表現にはあいまい性があるが、これはいくつかの概念が対応づけられていることに相当する励起状態の重畳と考える。

談話状況も言語表現が可能である。したがって、言語表現とその言語表現が行われた談話状況とは共に同じくニューロンネットワークの励起状態に対応づけて考えられる。したがって、二層構造のニューロンネットワークを考える。一つの層は、言語表現の直接的な内包としての概念を形成する。もう一つの層は、談話状況の内包としての概念を形成する。前者を言語表現層と呼び、後者を談話状況層と呼ぶことにする。

言語表現層が形成する概念にはあいまい性があるが、それは談話状況層により制御されてその談話状況下での概念が同定される。すなわち、言語表現層における重畳励起の状態は、談話状況層からの制御によって解消される。談話状況層の状態すなわち言語表現層に対する制御が変われば、言語表現層の励起状態は異なってくる。

この二層構造は、言語表現に対応する概念空間を談話状況に応じて動的に構成する機構である。すなわち、談話状況に応じた言語理解が行われる。そして、ニューロンネットワークにおいては、このような現象を言語理解とみなす。

7.3 カオス神経回路網

二層構造は便宜的なものである。二層構造が作り出す機能を一つのニューロンネットワークで実現できればその方が簡単である。このような機能は、カオス神経回路網の上で実現できる可能性がある。すなわち、カオス神経回路網が実現する動的な振舞いにより上に述べた制御の機能が実現される可能性がある。

[20]。

カオス神経回路網は、もし概念の形成の仕方が同じなら概念の内容に依らず同一の生成ルールを示す。もし概念の形成の仕方が異なればそれに応じて異なった生成ルールを示す。これは、神経回路網を構成する神経細胞間のシナプス荷重の形成方式は一定でも神経回路網への情報の提示の仕方が異なれば、カオスシソーラスの生成ルールは異なるという性質による。すなわち、カオス神経回路網は動的構造を実現する。この動的構造により、談話状況に応じた概念の同定を実現できる可能性がある。そして、概念要素と概念関係の両方の同定がカオス神経回路網という一つの機構により同時に実現される可能性がある。

7.4 文章の理解

カオス神経回路網は、言語理解の流れの履歴を記憶できる。すなわち、文脈理解ができる。現在の言語理解は一つずつの文を処理の単位とするものであるが、これでは文章理解はできない。コミュニケーションの進行に伴う文脈情報を蓄積し、それを談話状況に取り入れていかなければならない。カオス神経回路網はこのような文脈情報を融合できる可能性がある。すなわち、カオス神経回路網は、先に述べた処理を行うとき時系列的な情報の処理も同時に行える可能性がある。これにより、文単位での静的な言語理解から、文脈の流れに追従する動的な文章理解へと技術を発展させることができる可能性がある。しかも、それはカオス神経回路網という一つの機構の上で実現できる。

参考文献

- 1) Turing, A. M. : Computing Machinery and Intelligence, Mind, Oct., 1950, in 阿部、横山監訳 : コンピュータと思考、好学社 (1969)
- 2) Winograd, T. : Procedures as a Representation for Data in a Computer Program for Understanding Natural Language, Ph.D. Thesis, MIT (1971)
- 3) 長尾 (監修) : 日本語情報処理、コロナ社 (1984)
- 4) 野村、田中 (編) : 機械翻訳、bit別冊、共立出版 (1988)
- 5) 野村、内藤 : 自然言語処理における意味表現、情報処理、Vol. 27, No. 8 (1986)
- 6) Brady, M. and Berwick, R. C. : Computational Models of Discourse, MIT Press (1983)
- 7) Barwise, J. and Perry, J. : Situations and Attitudes, MIT Press (1983)
- 8) Cohen, P. R. and Levesque, H. J. : Rational Interaction as the Basis for Communication, CSLI Report No. 89 (1987)
- 9) 松本 : 知識表現、情報処理、Vol. 27, No. 8, pp915-923 (1986)
- 10) J. Bresnan, The Mental Representation of Grammatical Relations, MIT Press, 1983
- 11) G. Gazdar, E. Klein, G. K. Pullum and I. A. Sag, Generalized Phrase Structure Grammar, Basil Blackwell, 1985

- 12) R. Pareschi and M. Steedman, A Lazy Way to Chart-Parse with Categorical Grammar, Proc. of Annual Meeting of Association for Computational Linguistics, 1987
- 13) Minsky, M. : A Framework for Representing Knowledge, The Psychology of Computer Vision, McGraw-Hill (1975)
- 14) Quillian, M. R. : Semantic Memory, in Minsky, M. (ed.) Semantic Information Processing (1968)
- 15) Schank, R. C. : Conceptual Information Processing, North-Holland (1975)
- 16) Schank, R. C. and Abelson, R. P. : Scripts, Plans, Goals and Understanding, LEA (1977)
- 17) 野村 : 言語科学の機械翻訳応用の問題点, 情報処理, Vol. 26, No. 10 (1985)
- 18) 野村 : 自然言語処理の基礎技術, コロナ社 (1988)
- 19) 石崎, 井佐原 : 文脈処理技術, 情報処理, Vol. 27, No. 8 (1986)
- 20) 津田, 野村 : カオス神経回路網による意味概念空間の構成と利用について, 情報処理学会 自然言語処理研究会, NL71-5 (1989)

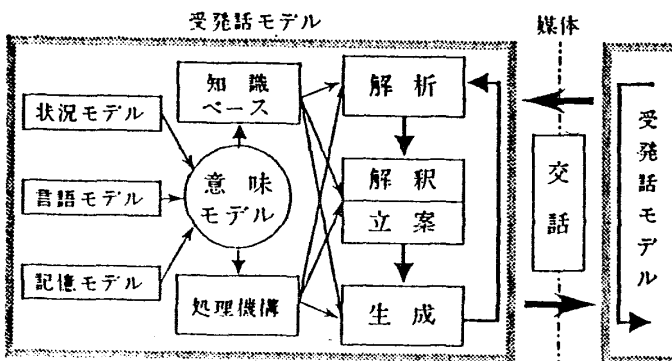


図-1 対話モデルの概念図

一点破線で媒体部分を示すと、その両側に受信者、発信者がいることになる。右側の受発話モデルの詳細は省略してあるが、内容は左側のものと同じである。図中、細線は項目間の係わりを、太線は処理の流れを示す。

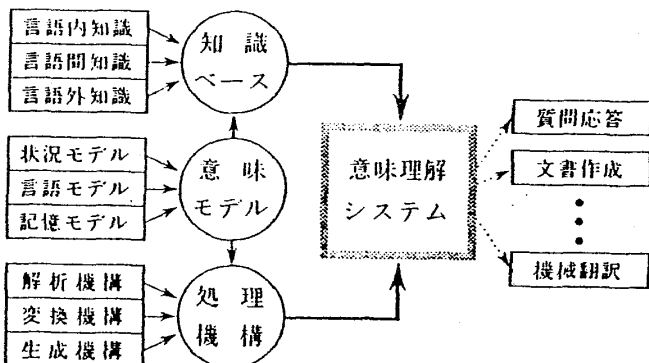


図-3 意味理解システムの構成素と応用

実線は要素としての係わりを、点線は応用を示す。この図は翻訳問題に合わせて書いてある。他の問題のときは変換機構の部分だが、たとえば、問題解決に変わるが、基本的な問題点は共通する。

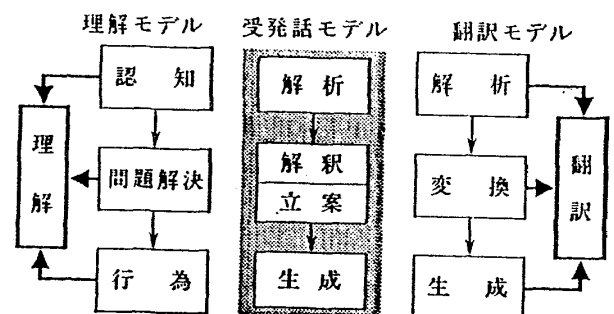


図-2 理解モデルと翻訳モデルへの対応付け
受発話モデルのアナログで理解モデルや翻訳モデルが考えられる。図中、細線は処理の流れを、太線はモデルの要素としての係わりを示す。