

言語を操る知的コンピュータを創る

脳科学総合研究センター

知能アーキテクチャ研究グループ 言語知能システム研究チーム
チームリーダー 菅野道夫



菅野チームリーダー

2004年、私たちが普段使っている言葉で操作できるコンピュータの試作機が誕生する。開発を進めているのは、菅野道夫チームリーダーが率いる言語知能システム研究チームである。「私たちは、言語学に基づく言語の意味体系をコンピュータに埋め込むことで、言語を操る知的なコンピュータを実現します」と菅野チームリーダーは語る。研究チームでは、言語学者と情報工学者が連携した独自の研究体制で、「コンピュータの言語化」に挑んでいる。

● ヒトの脳のソフトウェア——言語

● 学習したり、アイデアがひらめいたり、相手の意図や感情を理解し行動する。そのようなヒトの脳が持つ機能を、脳の情報処理の仕組みを模して実現する脳型コンピュータの開発が、脳科学総合研究センターの「脳を創る」領域で進められている。

「私たちのチームも『脳を創る』領域に属しています。この領域の他のチームでは、例えば脳の神経回路の仕組みを模したハードウェアの研究などを行っています。一方、私たちが注目しているのはヒトの脳のソフトウェア、すなわち言語です。ヒトと他の動物との決定的な違いは、ヒトには複雑な言語を操る能力があることです。ヒトの知的機能は、高度な言語能力によって支えられているのです。私たちは言語を操る知的なコンピューティング環境の実現を目指しています。これは脳型コンピュータのハードウェアを補うソフトウェアとなるでしょう」と菅野チームリーダーは語る。

菅野チームリーダーは、“美しい”“大きい”などの単語が持つ意味のあいまいさを

数量化してコンピュータに処理させる「ファジ理論」の専門家でもある。ファジ理論によるコンピュータ制御技術は、家電製品や音声・画像認識など、さまざまな分野に応用され、大きな成功を収めている。

「ファジの研究はその後、言葉によるコンピューティングへと進んでいきました。しかし、ファジ理論で扱えるあいまいさは単語レベルです。そのうちに、単語レベルだけでは物足りなくなって、言語システムの意味自体をコンピュータに理解させたいと思うようになりました。言語システムを扱うには、言語学の知識が必要だと考えていたときに出会ったのが、M. A. K. Halliday先生です。先生が創始した選択体系機能言語学は、言語の意味を扱う最も強力な理論だと思います」

Hallidayシドニー大学名誉教授は、文化人類学の祖といわれるイギリスのB. K. Malinowskiの流れをくむ言語学者である。Malinowskiは、1930年代に西太平洋の文化を調査した。その際、ある島の漁民の会話を英訳しようとした。ところが、単純に単語を英語に置き換えただけでは、イギリス人にはまったく意味が通じない。言語(テキスト)が発せられたときの状況の「コンテキスト」や文化的背景などの「コンテキスト」が分からないと、テキストの意味が通じない。Malinowskiは、コンテキストと言語は分けることができないと主張した。

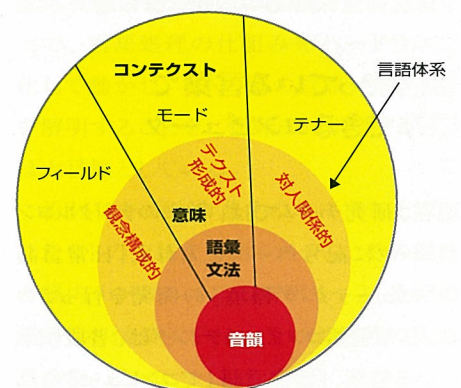
その考えを受け継ぐHalliday名誉教授の選択体系機能言語学では、コンテキストの中に言語体系を置き、コンテキストと言語を有機的に結び付けた4層構造を考えている(図①)。コンテキストの要素には、言語が使用されている場面(フィールド)、会話している人たちの社会的役割関係(テナ

一)、そして言語を伝えるための話し言葉や文字といった伝達様式(モード)が含まれる。「コンテキストとは、例えば家庭で料理をしている場面で母と娘が話し合っているところ、あるいは、電子メールで明日の試験問題について学生同士が文字でやり取りをしているところ、といったことです。ヒトが相手の言葉を理解できるのは、このようなコンテキストを含めた言語の意味について、あらかじめ共通の理解があるからです。“極端に言えば、相手が何を言うか知っている。だから相手の言葉が分かるのだ”とHalliday先生は言います」

● コンテキストを含めた意味体系をコンピュータに埋め込む

● コンピュータが言語を理解する場合にも、あらかじめ言語に関する知識が必要だと菅野チームリーダーは考えている。「コンピュータに言語を理解させる研究開発の歴史を見ても、当初は、言語を操るための文法をコンピュータに入れ、言葉を形式的に扱ったり、学習させていく方法が主流でした。しかしその後、言語に関する知識をあらかじめコンピュータに埋め

図①：選択体系機能言語学における言語体系



コンテキストベース	状況タイプ、ジャンル構造（談話の構造）、フィールド（言語活動領域）、テナー（役割関係）、モード（伝達様式）のシステムネットワーク
意味ベース	観念構成的意味、対人関係の意味、テキスト形成の意味のシステムネットワーク
語彙文法ベース	語彙文法（観念構成的、対人関係的、テキスト形成的）のシステムネットワーク
表現ベース	テキスト表現手段（音韻、文字）のシステムネットワーク
知識/コーパス	汎用辞書/状況特化辞書

図②：記号ベースの構造

選択体系機能言語学ではヒトが扱う言語のコアの部分の意味は、時代や地域、民族にかかわらず共通性があると考える。ヒトがかかわる状況のタイプは10億種類くらいに分類できると菅野チームリーダーは推定している。

込み、意味を扱う方向に変わってきています。私たちも後者の方法を取ります」

ただし、語の意味を他の言葉で説明した従来の辞書のような語彙の知識だけでは、状況に応じた意味をうまく扱えない。コンテキストを含めた言語の意味体系をコンピュータに埋め込むことが重要だと菅野チームリーダーは考えている。コンテキストを含めた意味体系自体を言語学的に記述したデータベースを「記号ベース(セミオティックベース)」と呼んでいる。記号ベースは、選択体系機能言語学に基づく4層構造を持ち、コンテキストと言語を有機的に関連付けたデータベースである(図②)。

「記号ベースは、ヒトの言語活動を通じて創り出される、あるいは交わされる意味を、コンテキストとともに記述しようというものです。あるコンテキストで使用される言語の意味は限られています。コンテキストを状況タイプに分類し、それぞれの状況で使われる意味をすべて記述します」

ここで、言語(テキスト)の意味はコンテキストの要素(フィールド・テナー・モード)に対応して、学習や思考に関する意味(観念構成的意味)、対人的な行為にかかわる意味(対人関係的意味)、コンテキストに関連した適切な表現に関する意味(テキスト形成的意味)の3つの相に分けられる。

● 普段使っている言葉で操作できるコンピュータ

● 現在、研究チームでは、従来のデジタルコンピュータに記号ベースを入れた「日常言語コンピューティング環境」の開発を行っている。日常言語コンピューティングは、普段使っている言葉、「日常言語」でコンピュータを操

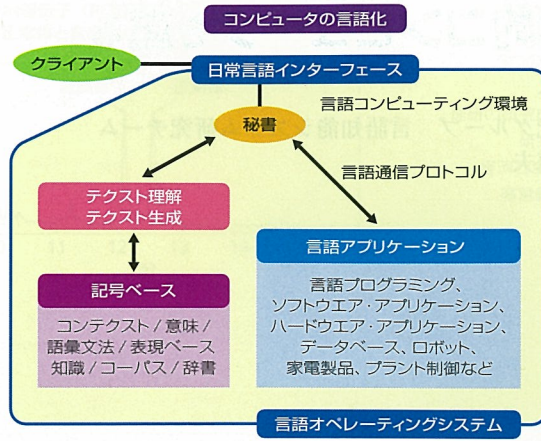
作するものである。日常言語は、方言や性別、年齢、職業などによって異なる言葉遣い、さらには個々人の独特の言い回しも含む。

日常言語コンピューティングの心臓部は記号ベースを用いてテキストを理解したり、テキストを生成(作文)する機能領域である(図③)。利用者(クライアント)と接する入り口が、日常言語インターフェースだ。ここに利用者専用の「秘書」の機能を持たせる。秘書は利用者の年齢や性別、職業、趣味などの属性ばかりでなく、どのような言い回しをするのかといった利用者の「言語モデル」を持つ。その言語モデルと記号ベースにより、利用者の普段使っている言葉を理解する。「例えば、言葉の省略が多い人の場合には、その人の属性や普段の言い回し、状況から、省略された部分を適切に補って言葉を理解する必要があります」

秘書は利用者の言葉の意味を理解した情報をその意味とともに、コンピュータネットワーク上で通信する。日常言語コンピューティングでは、コンピュータ内ですべての情報が言語で伝えられ、処理されるのだ。「これまでのコンピュータは情報を最終的にはすべて数値に置き換えて処理しています。私たちは、ヒトの脳のように言語に基づいて情報処理をしようと考えています。すなわち“コンピュータの言語化”です。これは大きなパラダイムシフトだと思います」

● 現在、研究チームが日常言語コンピューティングで開発している具体的なアプリケーションは、ワープロ機能や、操作方法を手助けするヘルプ機能などである。

「これらの操作や機能にかかわるコンテキストや言語の意味、語彙文法を扱える記号ベースを作っています。記号ベースとともに、経済産業省が7年間、100億円の予



図③：日常言語コンピューティングの技術要素

利用者の言葉は秘書と記号ベースで理解され、その内容をコンテキスト・意味・語彙文法・表現に書き出した言語プロトコルにより、言語アプリケーションへ伝えられる。言語アプリケーションは、アプリケーションの操作や機能がすべて言語で書かれている。その知識と言語通信プロトコルの情報を結び付けて処理の指示を出す。言語オペレーティングシステムは言語コンピューティング環境を管理するための、言語で書かれたOSである。日常言語コンピューティングの最下層には従来のOSやアプリケーションソフトがあり、具体的な処理が実行される。

算で完成させた汎用電子化辞書や、状況に特化した辞書なども用います。さらに、例えばワープロ操作を指示するときに利用者と秘書との間で実際にどのような言葉が使われるのかを調べるコーパス収集実験を何回も行いました。同じ意味でも人によってさまざまな言い方があります。それらをすべてコンピュータに入れ込みます」

● 最初に日常言語コンピューティングを利用する場合、まず利用者のことを知るために、年齢や性別、仕事や趣味など基本的な質問を秘書が行う。会話を進めるうちに、秘書は利用者の日常言語を学習していく。

● 例えば日常言語コンピューティングで出張報告書を書く場合を想定してみよう。秘書に「昨日の出張の報告書を書きたい」と言うと、秘書は「ワープロを起動し、出張報告の書式を開きました。報告書の日付は今日でいいですか?」と質問する。利用者は「いや明日にしよう」と答える。「タイトルは、『名古屋営業所出張報告書』でいいですか?」と、秘書は利用者の昨日のスケジュールを参照して質問することもできる。

「この文字をちょっと大きくして」と言うと、「ここ」というのはタイトルの文字列のことで、この利用者がこの状況で「大きく」といった場合には「14ポイント」だと理解して、処理を実行する。自信がない場合には「この大きさがいいですか」と利用者を確認を行う。

● MITの“OXYGEN”

● 日常言語コンピューティングと類似のプロジェクトがある。米国・マサチューセッツ工科大学(MIT)のコンピュータサイエンス研究所(CSL)が中心になって進めているOXYGENプロジェクト(1999年9月～

図④：日常言語コンピューティングの実用化イメージ

監修：脳科学総合研究センター
 知能アーキテクチャ研究グループ
 言語知能システム研究チーム
 チームリーダー 菅野道夫



2004年8月)である。音声中心でハードウェアの開発も含まれるが、言語で操作できるコンピュータの実現を目指す点では日常言語コンピューティングと目的は同じである。

「私たちとOXYGENでは、言語の意味を扱う方法論に違いがあります。私たちは選択体系機能言語学に従い、記号ベースという道具を用意していますが、OXYGENは自然言語処理をベースとする従来の人工知能の技術です。コンピュータ全体を言語化するという発想も彼らにはありません。従来の方法では状況に応じた意味をうまく扱えないと思います」

● 2004年、試作機が完成する

● 言語知能システム研究チームは、2000年4月にスタートし、2005年3月に5年の任期が終了する。研究チームには、言語学を専門とする常勤研究者2名、非常勤研究員6名が在籍し、情報工学者とともに研究開発を行っている。Halliday名誉教授にも、随時助言を求めている。言語学と情報工学がこのように密接に連携した研究体制は、世界的にも例がない。

「私たちは『日常言語コンピューティング環境』を開発するため、5年間の詳細なスケジュールを立てました。最初の2年半で

システムを設計し、後半で開発を行います。特許戦略も考え、最初の1年で基本特許を日米欧で出願しました。2004年8月には試作機のデモンストレーションを行います。将来は日常言語コンピューティングを実用化するコンソーシアム(共同事業体)ができればいいと考えています」

● 日常言語コンピューティングは、ワープロ機能だけでなく、教育・学習や電子ショッピング、情報検索など、さまざまな用途での実用化が期待される(図④)。「日常言語コンピューティングでは、老人とのよもやま話もできるでしょう。話が脱線しても相手の感情に合わせて適切な会話をする必要があり、高度な機能が求められます。本の検索では、タイトルや著者名だけでなく、例えば『日本の物語でかわいい動物と神様が出てくるもの』と内容を言えば探してくれます。このように言葉を使って誰もがコンピュータを利用することができます。日常言語コンピューティングの目的の1つは、情報技術を使いこなせる人とそうでない人の情報技術格差、デジタルデバイドを解消することです」

● 言語を操るヒトの脳のメカニズムに迫る

● コンピュータのソフトウェアと、ヒトの脳の

ソフトウェアである言語には決定的な違いがあると菅野チームリーダーは指摘する。

「現在のデジタルコンピュータのハードウェアとソフトウェアは、別々に作られたものです。一方、言語はヒトの脳の神経回路、ハードウェアが生み出したものです。ですから言語体系の構造と脳の言語を扱う領域の構造は似ているはずですよ」

失語症の研究を行っている山鳥^{あつし}重神戸学院大学教授(前・東北大学教授)らの研究によると、右利きの人の場合、左脳に音韻と語彙文法を処理する領域があり、その周りを意味処理の領域が囲み、右脳にコンテキストを扱う領域がある。

「この構造は選択体系機能言語学の考えと同じです。ただし現在の脳科学では、言語を扱う場所の計測はできるようになってきましたが、神経回路に言語の意味や語彙文法がどのような形式で表現され、理解と生成がなされるのか、そのメカニズムはまったく分かりません。言語を操るコンピュータの開発により、言語を操るヒトの脳の構造や仕組みを推定できるのではないかと期待しています」

● 日常言語コンピューティングは、従来のデジタルコンピュータを利用しているが、将来的にはヒトの脳の仕組みを模した人工の神経回路からなる脳型コンピュータ上で、言語処理の仕組みをハードウェア化して動かし、ヒトの脳の言語メカニズムを解明することを、菅野チームリーダーらは大目標としている。

約35億年の生命進化の末に築き上げられたヒトの複雑な言語システム、その機能と脳内のメカニズムの解明を、21世紀の脳科学・情報工学はいよいよ射程に入れ始めた。