

自然語インタフェースの構築：方法論と応用

辻 洋、難波康晴、間瀬久雄、森本由起子、絹川博之
(株)日立製作所システム開発研究所
関西システムラボラトリ

〒541 大阪市中央区博労町3-6-1

E-Mail:tsuji@sdl.hitachi.co.jp

利用者と応用システムの間自然語インタフェースを設けるための方法論とツールについて述べる。ここでは、応用システムがコマンド言語のインタフェースを具備していることを前提とし、自然語による操作指示をコマンドに変換するための意味解析知識と内部状態から次の操作を求める対話誘導知識を構築することにより、自然語インタフェースを実現できるようにした。方法論はこれらの知識獲得、操作性向上のための戦略などの13のステップからなり、ツールは言語間変換法を規定する知識表現を提供する。

Building Natural Language Interface - Its Methodology and Applications

Hiroshi Tsuji, Yasuharu Namba, Hisao Mase,
Yukiko Morimoto, and Hiroshi Kinukawa

Kansai Systems Laboratory, Hitachi, Ltd.

3-6-1 Bakuroh-Machi, Chuo, Osaka, 541 JAPAN.

E-Mail:tsuji@sdl.hitachi.co.jp

This paper presents building methodology and tools for a natural language interface between a user and application systems. Basic premise under this research is that there are command language for application systems. An NLI should facilitates the information exchange in both directions. Our methodology proposes thirteen steps including acquiring knowledge for semantic analysis and usability enhancement. Our tools propose knowledge representation for relation between natural language and command language.

1. まえがき

アイコンやマウスなどを用いた直接操作は、コンピュータのユーザ・インタフェースの主流を占めつつあるが、あるクラスの操作を行うには操作性に欠点を持っている。特に、スクリーン上に表示されていないものを特定することには非常に弱い。一方、この表示されてはいるが、言葉でものを特定できる場合（特に大量データの相互関係や条件からものを特定する場合など）、自然語インタフェースは非常に有効となる [1][2]。

自然語インタフェースとは、日常我々が利用している日本語で応用システムに対し、操作命令を発行したり、逆にシステムからの応答を日本語で受け付けるものである。利用者は特定のコマンド構文を学んだり、ポップアップメニューなどをめくって自分の行いたいことを探し迷う必要がない。

ところが、この数年、直接操作のインタフェースを構築するためのツールキット、操作性向上のためのガイドラインが普及し、開発効率が向上してきたことに比べ [3]、自然語インタフェースの構築は、ごくわずかの専門家にしか行えない状況にある。確かに、データベース検索の自然語インタフェース [4] が提案されたり、また他の応用でも試行されているが、自然語インタフェースを構築するガイドラインのようなものはなく、アドホックに行われているというのが現状のようである。これがまた、自然語インタフェース、さらにはキーボードからのインタフェースのみならず、音声インタフェース、マルチモーダルインタフェース [5] の普及の障壁になっていると考える。

本論では、利用者と応用システムの間に自然語インタフェース (NLI) を設けるための方法論、構築ツールおよび応用例について述べる。利用者が NLI を使う拒否感、抵抗感を薄めるための配慮についても言及する。本研究により最終的に GUI 並みに NLI の構築が可能となることを目標とする。NLI 部と応用部（機能を実現する部分）は概念的に異なると考えるべきであり、またこの実装も明確に分けるべきであろう。従って、本論では、応用システムはある構文をもったコマンド（あるいは関数）インタフェースをもったものを前提とし、NLI は次の双方向の情報交換を司るものと位置付ける：

- (A) 利用者から応用システムへ
- (B) 応用システムから利用者へ

2. 自然語インタフェースの要件

ここで述べる NLI は、先にも述べたように利用者と応用システムとの仲介を行うものである。この位置付けを図 1 に示す。そして、ここで考える NLI について、範囲・具備要件を次のように限定する。

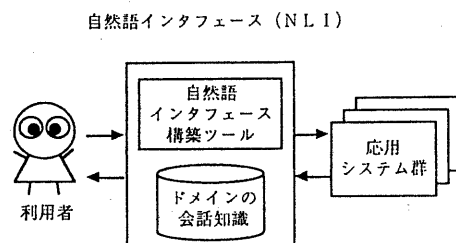


図 1 NLI の位置付け

(1) キーボードから漢字かな混じり文で表現されるものを入力とする。

理想的には、音声認識、手書き文字などを含むものであろう。この制約は、ワープロの普及によりコンピュータへの自然語入力としてはもっともポピュラーであり、その意味で妥当と考える。但し、かな漢字変換では変換ミスが発生するが、この対処は範囲外とする。

(2) 応用システムがもつ操作コマンドごとに動詞を割り当てる。

たとえば、「delete ファイル名」というコマンドがあれば、「A を削除しろ」「A を削除」「A の削除」などの表現を可能とする。操作指示を表す動詞は、20～100 個程度を想定し（但し、必ずしも 1 対 1 ではなくてよいようにする）、エキスパートシステムのように利用できる分野を限定する。

(3) 照応および話題の追跡 [6] について、意味解析を可能とする。

例えば、「今のを削除しろ」などという表現を受託することにより、会話の流れを自然にしたり、操作対象の特定に本来不必要な名前を不要とする。勿論、照応が複数候補ある場合には、そのどちらであるかを利用者に確認したり、あるいは一つもない場合は、利用者にその不明部分だけを再入力するようにする。また、「さらに」「ところで」といった接続詞の利用も可能とする。

(4) 省略の補填 [6] を行い、意図の確認を行う。

自然語で行われる省略は名詞だけでなく、動詞もありうる。例えば、「Bも(削除しろ)」などである。但し、省略の補填については、利用者の意図を正しく解釈したか否かを確認する [7]。

(5) 連続操作 [8] を可能とする。

例えば、「AをBに複写して、印字」などのような機能の連鎖を可能とする。応用システムのコマンドに対応して自然語指示を行うだけでなく、別に「営業成績を見たい」という表現が、複数のコマンドで実現されることをも考慮する。

(6) 次の会話を誘導 [9] する。

利用者が目的を果たすために必要な情報を要求し、操作例を示す。我々の経験から言うと、利用できる自然語の操作例を示すことは、利用者がシステムに命令を行う上で抵抗感、恐怖心をなくす上で有効である。

3. 構築手順

システムの構築手順というと従来、実世界からのモデリングに関するものが多かった。例えば、エキスパートシステムの構築では、専門家モデルというものを打ち立て問題解決の抽象的なモデルから最終的にルール、あるいはフレームという知識表現に具体化していく [10]。一方、オブジェクト指向のシステム設計では、対象世界のオブジェクトの抽出、動作モデル、状態遷移モデルなどを見出していく [11]。

しかし、これらは現実の業務あるいはシステム化され改革された業務をモデル化するものであり、自然語インタフェースの構築にはこれらの手法は利用出来ない。自然語インタフェースの構築では、より利用者がシステムとどのような対話を行うかに関して特化した分析手法を提供する必要がある。

我々の提案する方法論は次のようなものである：

(1) 対話する分野の特定

始めに自然語対話する機能範囲を限定する。人間同士の対話に比べて、その範囲を制約することが大切である。人間並にどのような対話も可能とすることをねらうのは無意味である。

(2) 対象応用システムの選定

合わせて、その機能を実現する応用システムを選択する。逆に言えば、応用システム(例えば、人事データベース検索など)を決定すれば、自ずと対話できる範囲も決まるとも考えられる。

我々は、この応用システムを一つに制限する必要もないし、ソフトウェアに限らず、コマンドインタフェースを持つものであれば、アームロボット、VTR制御装置、音声合成装置などのハードウェアでもよいと考えている [12]。

一方、RDB検索という汎用レベルでなく、可能であれば、例えば、A社人事DB検索などとDBの構造まで応用を限定することも必要である。

(3) 利用する自然語例文の収集

設定した分野で対象システムを利用する上でどのような命令を行うかの例文を集める。例文は、応用システムを熟知している人/いない人、自然言語処理に精通している人/していない人など様々な人から集めることが良い。

この中から、許さない例文はその理由を整理した後、除去し、その他の受理する自然語文にたいしては、対応するコマンドを書き出す。

(4) 対応例の一般化

集めた例文の中で、変数化すべき部分を抽出し、例文自体を一般化する。変数化する単語は基本的に名詞である。

例：年齢25歳以上の人を探せ。

→年齢"n"才以上の人を探せ。

さらに、一般化した表現に対応するコマンドを書き出す。

(5) 日本語標準形の設計(抽象化)

一般化した対応関係をもとに

- ・各コマンドに対応する用言が一意に決まる。
- ・意味解析に曖昧性が生じない。

形式の日本語表現を設ける。ここでは、例えば、

例：日立と計算機を含む文書を探せ

という例にたいして、

MFind 新聞記事:fand('日立','計算機')

というコマンドが対応するのであれば、条件を属性と属性値のペアで表し、コマンドを動詞で表現される機能として

ファイル名が、新聞記事で

検索タームが日立と

検索タームが計算機であるものを

アンド検索せよ。

というように割り当てる。

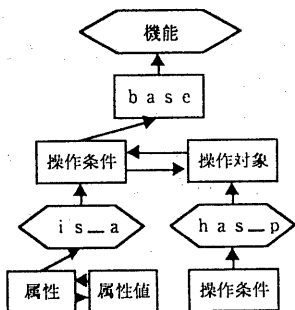


図2 意味解析の定式化

(6) 自然語意味解析知識の形式化 [8]

自然語文の解析結果を表現するために、機能を中心に意味の表現形式を図に書き表す。意味の定式化のために、概ね用言に対応する「機能」と概ね体言に対応する「操作対象」「操作条件」「属性」「属性値」を考え、前者を六角形、後者を四角形で図2のように表現する。

機能には、操作指示と関係指示があると考え、前者は応用システムのコマンドに対応するものを設定し、後者には、次のものを設ける。

- ① `is_a` 関係：ある「属性」がある「属性値」とをとることを表す。
- ② `has_p` 関係：ある「対象」がある「条件」を満たすことを表す。
- ③ `equ` 関係：ある「対象」と別の「対象」が同じものであることを表す。

そして、これらの機能に対する入出力を四角形で表す。ここの機能を連鎖して意味が表現できることを図3に例で示す。

(7) 自然語意味解析知識の具体化

図示した意味解析知識を計算機が利用できる構文に沿って具体的に記述する。ここでは、意味解析結果に応じてどのようなコマンドをどのようなオペランドを付加して生成するかのテンプレートについても記述し、テンプレートを穴埋めするため、自然語文のどの言葉がコマンドのどの部分に対応するかの関係や変換関数の名称などを指定する。

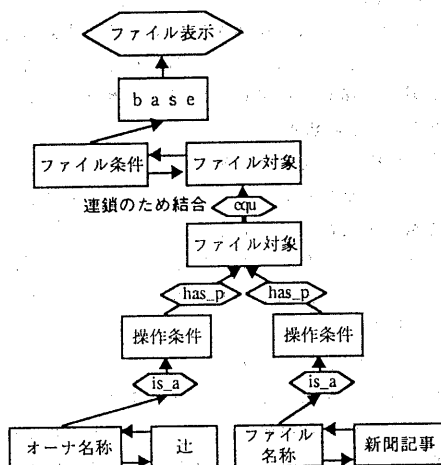


図3 「辻がもつ新聞記事ファイルを表示せよ」の表現例

(8) 分野の用語の辞書への登録

対象業務で使われる用語を登録する。特に自然語文とコマンドの対応をとるために、ある特定の単語（例えば、DB名であるとか、フィールド名）に特別の意味コードを付与する。意味コードを付与できれば、省略に対する補填が可能となる機会が増えてくる。

例えば、「新聞記事」とはファイル名称であるなどドメインを限定する環境名称を辞書登録しておけば、「ファイル名称が新聞記事で」などと標準形で入力せずとも意味解析可能となることに注意する。

(9) テスト&デバグ

まず、日本語標準形が100%正しく解析されるか否か意味解析知識の正当性／無矛盾性を検証する。次に(3)で集めた例文全てについて、その解析状況を調べ、問題点を解決する。ここでは、対話で逐次検証するのではなく、パッチ的に大量の例文を処理することが大切である。

(10) 意味解析知識の洗練化

マンマシンの間でどのような会話が進められるかを解析し、利用者がどのような表現の省略を行い、どのような照応を行うかを抽出し、対応した意味解析知識を充実する。例えば、情報検索のドメインでは「探せ」とわざわざ行いたくないようである。ここでは、省略の多い文は100%正確に解析出来なくても良いとの発想にたった作業が望まれる。

また、「さらに」とか「ところで」とかいった接続詞の活用法を考える。例えば、検索のドメインでは「さらに」には、しぼり込み検索の機能を割り当てる

とか、「ところで」には、それまでに設定していたオプションをリセットする機能を割り当てることが適当であろうなどの検討を行う。

(1.1) インタフェースプログラムの設計

ここでいうNLIは先に述べたように自然語と応用のコマンドの変換を行うだけであるので、画面を介して自然語列を受け取る仕様を設計する必要がある。図4は、その画面例である。

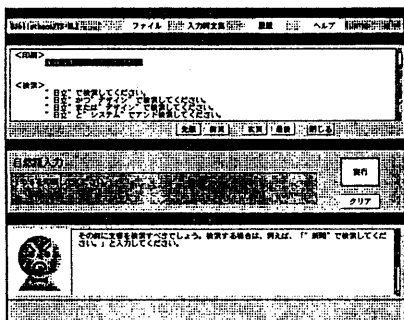


図4 インタフェースプログラムによる画面例

(1.2) 会話の流れの設計

分野によっては対話の手順が概略決まっている場合がある。図5は情報検索の例である。このような流れの設計ができれば、次のことができるようになる。

①流れに沿った次の操作の提案

②前提操作の必要性の提示

(1.3) 周辺機能の充実

操作性を向上するための機能を設ける。例えば、利

用できる解析できる自然語例文メニューを設けるなどである。この例文はカット&ペーストで入力エリアに複写でき、複写後、その例文にたいし修正をかけるようにしておく、自然語文の入力手間が節減できるばかりでなく、利用者が自由に入力した自然語文に比べ、解析できる可能性が飛躍的に上がる。さらに、利用者はどのような文が利用できるかを構文的にも意味的にも推測することが可能となる。その他の例として、起動時、終了時その他イベントドリブンで利用者が親しみを感じるようなメッセージを出すように配慮することが大切である。メッセージを自然語文だけでなく、アニメーションの表情で表現したり、規則音声合成で出力することも有効なアイデアである。

4. 構築ツールの構成

我々の自然語インタフェース構築ツール(NLIビルダ)[8][12]は、図6に示す以下の機能からなる：

(1) 受理できる自然語例文紹介機能

メニューによって、解析可能な例文を表示する枠組みを提供する。構築者は、例文ファイルに受理できる例文を定義しておけば良い。

(2) ユーザ誘導機能

アプリケーションによっては、利用できるコマンドの順序に制約がある場合がある。例えば、印刷やファイルされるオブジェクトはその前に、検索コマンドを用いてDBからとりだしておかなければならないなどである。そのとき、談話に関する知識を解釈して、NLIビルダは、利用者が何をすべきかや何をできるかなどを示す。

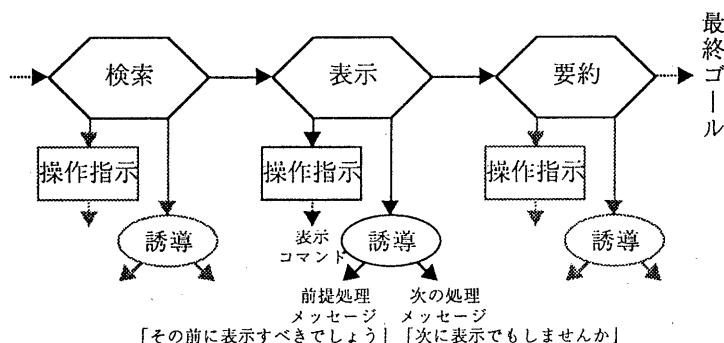


図5 情報検索における会話の流れの例

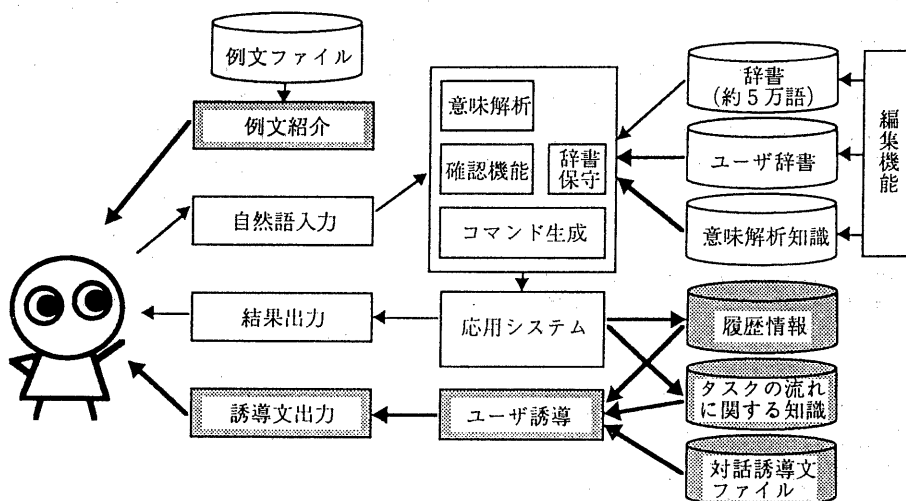


図6 自然語インタフェース構築ツールの構成

(3) 自然語意味解析機能

自然語インタフェースは代名詞の利用とそれに対応する照応を通して、同じことを繰り返し記述する必要を避けるべきである。一般に、そのような照応はあるオブジェクトをその前で言及されたものを同じものとみなすことで解決される。従って、NLIビルダはこの関係を推論する機能を有する。つまり、利用者が照応によって恩恵を蒙る代償として、NLIビルダは推論を行う[3][4]。最終的に、NLIビルダは、日本語表現を計算機内部の意味表現に変換する。

(4) 曖昧性解消用再確認機能

自然語インタフェースは、その解釈がユーザの意図しているところと合致しているか確認したり、曖昧性を検出したときそれを解消するための、派生的な対話を行うべきである。我々のNLIビルダは、モードによっては、解釈した結果を自然語文に表現してそれを表示する。もし、解釈が正しければ、対応するコマンドが実行される。

(5) 実行時辞書保守機能

一方、解釈が正しくなければ、利用者は誤りであることを指摘し確認文を修正する。その時、NLIビルダはドメインの辞書を充実する機会を見出し、そのための対話を通した後、辞書を更新する。

(6) コマンド生成機能

NLIビルダが計算機内部で表現した意味表現をアプリケーションのコマンドに変換する。我々のツールは、複数のシステムのコマンドを発行できる構造となっている。

(7) 用語辞書・ドメイン知識編集機能

その他にドメインの知識を保守するためのエディタを提供している。用語については、基本用語6万語をシステムが提供し、意味コードを付与する用語やドメインでの専門用語をユーザ辞書として登録できるようにしている。

5. 適用例

我々の方法論と構築ツールを全文検索システム[13]へ適用した。以下では、このプロジェクトにおいて自然語インタフェースがどのように構築されたかを示す。

(a) 対象とする分野と対象応用システムの選定

新聞記事の検索をドメインとして設定した。検索エンジンとして全文検索システム Biblotheca/TS を選定し、記事の一つを特定できた場合、そのファイルの格納/印字には、OSのコマンドを利用することにした。さらに、複数のシステムを制御することを行うため別途開発中の要約システムを呼び出す仕様とした。

表1 Bibliotheca/TSの日本語標準形

	日 本 語 標 準 形	生 成 コ マ ン ド
MSTART	[データベース名称が] "記事" で検索開始	MSTART 記事
MEND	検索終了	MEND
MOPT	片仮名と同義語で展開	MOPT EXPANS Uk
	展開中止	MOPT EXPANS
	[検索結果が] "3" からユニバースサーチ	MOPT SRCHMODE U 3
MFIND	[ファイル名称が] "記事" から [検索タームが] "日立" で単純検索	MFIND 記事:cq('日立')
	[ファイル名称が] 書誌の [フィールド名称が] 氏名から [検索タームが] "山田" で単純検索	MFIND 書誌(氏名):cq('山田')
	[ファイル名称が] 記事から [検索タームが] "t-1" と [検索タームが] "t-2" の文字間が5で近傍検索	MFIND 記事:c<=5('t-1', 't-2')
	[ファイル名称が] 記事から [検索タームが] "t-1" と [検索タームが] "t-2" と... [検索タームが] "t-n" をAND検索	MFIND 記事:fand('t-1', 't-2', ..., 't-n')
	[検索結果が] 1 と [検索結果が] 2 と... [検索結果が] n の論理積で検索	MFIND AND(SET(1), SET(2), ..., SET(n))
MDISPLAY	[検索結果が] 5 の [ファイル名称が] "記事" を一覧出力	MDISPLAY 記事:set(5),outd(ALL)
	[文書番号が] 105 を内容出力	VIEWD 105
MLOOK	片仮名と同義語で"コンピュータ"を展開出力	MLOOK EXPANS Uk,OUTMODE ALL, term('コンピ ュータ')
	[現在のモードで] "コンピュータ"を展開出力	MLOOK OUTMODE ALL, term('コンピ ュータ')
MOSTAT	オプション	MOSTAT
MDBINF	データベース	MDBINF DB
	読売のデータベース	MDBINF DETAIL 読売

(b) 例文の収集から日本語標準形の設計

日本語標準形とコマンドを対応付けて表にまとめた。表1に結果をまとめる。これが意味解析の目標仕様である。機能範囲はこのフェーズで凍結である。

(c) 意味解析知識ベースの構築

表1の日本語標準形をベースに機能中心の表現形式を書き下し、その結果をNLIビルダの仕様に従って、コーディングした。一つの日本語標準形に対して概略30分程度で実装形式の記述が可能であった。

また、照応に関しては、検索結果集合に対する番号、表示した文書番号などを履歴として残し、利用者が自然語文の中でカレントな番号を指定せずとも良いようにした。さらに、指示を表す用言が省略された場合は検索を指示していると解釈するよう補填することにした。

(d) 分野の用語の辞書への登録

コマンドに対応する機能を表現する動詞、データベース名称など環境を表す固有名詞など50語の用語の意味を登録した。その後、被験者を立てた操作実験を通し、利用者が使用する表記を可能とすべく辞書を充実していった。

(e) 会話の流れの設計[9]

今回は、検索→表示→要約という手順の流れがあると設定した。これにより

- ① 検索結果が100件を超える場合、「しばらく込み検索をしませんか」と促し、操作例文を示す。
- ② 検索し、表示した後、「要約でもしてみませんか」などアイデアを提示する。
- ③ 検索した後、内容表示せずに要約を指示した場合、「その前に表示すべきでしょう」と警告する。

などの自然語対話ができるようにした。

これら誘導文の効果の詳細については、参考文献を参照されたい。

(f) その他の機能

今後のマルチモーダルインタフェースへの発展を記して、以下の機能を実現した。これらの効果は定量化しにくいものであるが、被験者を立てて、洗練化していくことが重要であると考えている。

- ① 自然語文を解析できなかったとき、困惑している状況を可視化するため表情のアニメで表現した。
- ② 対話誘導文を音声で出力する。
- ③ 一定時間利用者からの入力がなかった場合、その状況で操作できることを示し、操作の督促を行う。

6. あとがき

以上、自然語インタフェースを構築するための方法論について述べた。我々はこの方法論に従ってシステムを組立するツールNL Iビルダを開発した。これまでに、資産負債管理システム、旅行相談エキスパートシステム、ビデオ場面検索システムなどにも適用してきた。大凡、200文程度の意味解析を行うシステムを

(1) 自然言語処理技術について知らない、

(2) 対象応用システムについては熟知している、
エンジニアが組立した場合、2ヵ月程度で構築可能であることを実験として確認している。但し、これまでの知見はツールの設計者が横でアドバイスしており、全く自然言語処理処理技術者がいない状況での構築には至っていない。

理想的には、自然言語処理の専門家がいないとも応用システムを構築することができるようになることであろう。自然語インタフェースの構築が容易になれば、いろいろな応用領域で使えるようになり、その結果、自然語インタフェースのあるべき姿がシーズ側からだけでなく、ニーズ側から具現化すると考える。その結果として、将来のマルチモーダルインタフェースへの展望が見えてくると考える。逆にマルチモーダルインタフェースについても、一部の専門家にしか実現ができれば、普及はしないであろう。

一方、我々の目指したインタフェースの構築方法論、ツールは、必ずしも自然語文の解析だけを意図するものではなく、利用者の操作指示をどのような内部形式で表現し、会話の流れから意図を推論するか分析を中心とするものである。意味解析の方法もこの立場から研究を進めてきている。この意味で、音声/ペン/タッチパネルなどなどの入力媒体から入ってくる操作指示を統合的に解釈するマルチモーダルインタフェース(例えば、指差しながら、「これと同じ色のものを探せ」)における利用者の操作指示解釈にも重要な技術となるであろうし、会話の流れを考慮した対話誘導についても同様であろう。

参考文献

- [1] B. Shneiderman : Designing the User Interface, Addison-Wesley, 1987.
- [2] P. Cohen : The Role of Natural Language in a Multi-modal Interface, Proc. of International Symposium on Next Generation Human Interface, 1991.
- [3] 例えば、日立Motifスタイルガイド、3050-3-015, (株)日立製作所, 1991.
- [4] 絹川：表層層モデルに基づく自然語インタフェース処理方式、情報処理学会論文誌、1986.
- [5] M. Blattner, et. al. (Ed) : Multimedia Interface Design, ACM Press, 1992.
- [6] P. Hayes, et al. : An Anatomy of Graceful Interaction in Spoken and Written Man-Machine Communication, CMU-CS-79-144, 1979.
- [7] 間瀬、他：DB検索用自然語インタフェースにおける解釈結果確認文生成方式の開発とその評価、情報処理学会論文誌、Vol.35-No.8, pp.1579-1590, 1994.
- [8] 難波、他：機能連鎖構造に基づく自然語インタフェース構築ツール、情報処理学会論文誌、Vol.32-No.9, pp.1180-1189, 1991.
- [9] 森本、他：全文検索システム用自然語インタフェースにおける対話誘導機能の評価、計測自動制御学会ヒューマン・コンピュータ第10回シンポジウム、pp. - , 1994.
- [10] S. Shoen, et al. : Putting Artificial Intelligence to Work, John Wiley & Sons, Inc., 1987.
- [11] ランボー、他：オブジェクト指向方法論OMT—モデル化と設計、トッパン、1992.
- [12] 難波、他：複数システムの制御を可能とする自然語インタフェース、情報処理学会論文誌、Vol.35, No.1, pp.20-34, 1994.
- [13] 加藤、他：大規模文書データベース用テキストサーチマシンの開発、情報処理学会シンポジウム予稿集、1991.