

ワークステーションにおける 知的インタフェース技術

Intelligent Interface Technology for Workstations

ワークステーションが人間と計算機の接点として普及するに従い、そのコミュニケーションの円滑化が重要な課題として認識されてきている。この人間～計算機間の高度な対話性、すなわち「知的インタフェース」は、人間同士のコミュニケーションにできる限り近い機構、環境により実現されるべきであるという観点から、知的インタフェース技術の開発を行なった。具体的には、人間の認知構造、自然語の特質と処理、知識の表現と処理などの基礎要素技術に関し、「日本語による知識ベース検索システム」の開発を含む総合的な研究を実施した。その結果、人間～計算機間インタフェース仕様の基準設定方式、日本語対話処理方式、知識ベースの構造設定と管理方式などの基礎技術を確立できた。

河崎善司郎* Zenshirō Kawasaki

近藤秀文** Hidefumi Kondō

絹川博之** Hiroshi Kinukawa

小滝房枝** Fusae Odaki

1 緒言

近年、ワードプロセッサやネットワークを介したOA (Office Automation) システムの普及により、計算機利用者層の大衆化が進行する中で、対話性の向上策は計算機システムの設計開発での最重要課題と考えられるようになってきた。しかし、その具体的内容となるとまだ規範となるべき一般の原理・方法論の確立は見られず、試行錯誤によらざるを得ないのが現状である。

この人間～計算機間の高度な対話性、すなわち「知的インタフェース」の理想形態は、人間同士のコミュニケーションにできる限り近い機構・環境によって実現されるべきであるという観点から、知的インタフェース技術の確立を目指して、人間の認知構造、情報の表現・交換媒体としての日本語の特質とその処理方式、及び情報蓄積媒体としての知識ベースの構造とその管理方式に関して、実験システムの開発を含む総合的な研究を進めてきた。本稿では、ここでの成果について概説する。

2 知的インタフェースの概要

ワークステーションの知的インタフェースの本質的改善には、人間同士のコミュニケーションでの知的相互作用を、人間～計算機間にも可能にすることが必要である。それでは、この知的インタフェースを実現する際の一般の原則とはどのようなものであろうか。

これに対しては、知識ベース検索システムやワードプロセッサに対する、ユーザーインタフェースの評価検討を行ないその結果、知的インタフェース実現のための最も重要な原則は、インタフェースを介して人間(ユーザー)に映るシステムのふるまいに「一貫性」をもたせることである、との認識を得た。

これは、人間同士の場合でも、相手の主張の原則が不明確であったり、変動したりする場合には、良好なコミュニケーションが成立しにくいことを見ても納得できる。

上記の一貫性保持の原則のもとに、知的インタフェースを実現する上でシステムに要求される基本機能としては、次の5機能が重要である。

- (1) ユーザーが独自のインタフェースを容易にシステムに付与できること。これにより、ユーザーは「自前の一貫性」をシステム上に実現できる。
- (2) 文字、図形、音声など多様な情報媒体の利用が可能であること。
- (3) 自然語(日本語)によるコミュニケーションが可能であること。
- (4) 推論・連想機能をもっていること。
- (5) 知識獲得・学習機能、すなわち環境順応機能があること。

これらの機能のうち、特に(3)、(4)に関する実証システムとして、「日本語による知識ベース検索システム」を開発した(図1)。これは、汎用問合せシステムのプロトタイプを目指したもので、応用対象分野の知識、知識相互の関係を表わす知識、知識を構成する用語に関する知識などを蓄積しておき、自由な日本語による問合せに対して利用者に必要な情報を提供するものである。

このシステムは、現在HITAC Mシリーズ計算機上で稼動しており、問合せ応答には汎用端末T560/20IIIを使用している。本システムの日本語インタフェース部、知識ベース管理部については、以下の各章でその概要を述べる。なお、日立製作所では、同種のシステムとして、「知的ガイダンスシステム」を開発している。同システムは、知識ベースの中に、会話の流れ、ワークステーションの操作の進行など、時間の経過に従って知識を追加、蓄積することにより、自然な日本語の問合せで、ワークステーションの操作法のガイダンスが得られるようにしたのである。

3 知的インタフェースと人間の認知構造

人間～計算機間の知的インタフェース実現のためには、その第1段階として人間の認知構造に関する心理学、認知科学の研究成果の適用が重要である。人間の認知構造に関しては、そのモデル化をはじめとして活発な研究活動が進められているにもかかわらず、現状では明確な結論は得られていない。しかし以下のような幾つかの共通の認識が生まれつつある(図2参照)。

* 日立製作所システム開発研究所 理学博士 ** 日立製作所システム開発研究所

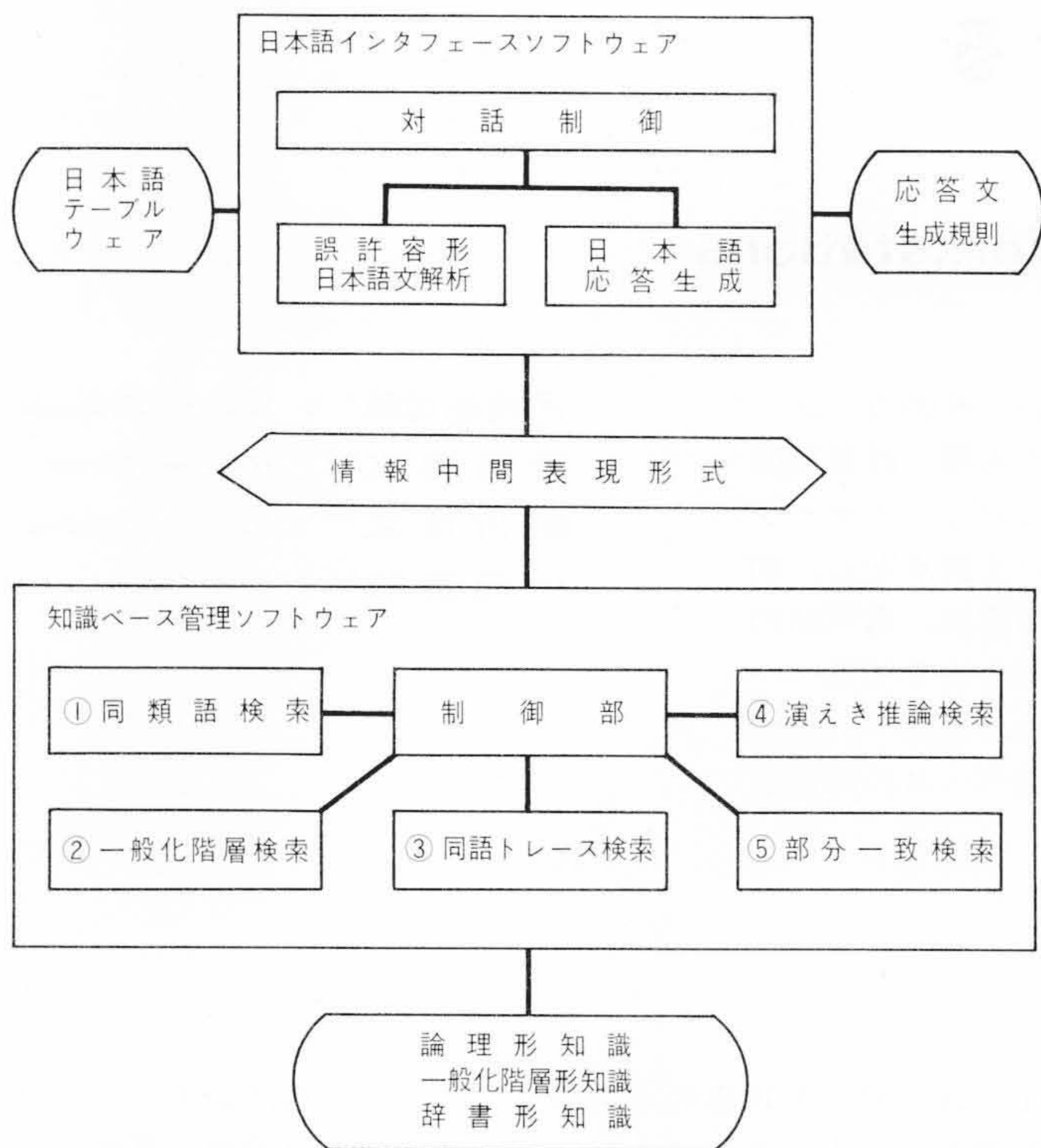


図1 実証システムの構成 実証システムは、日本語インタフェースシステムと知識ベース検索システムから構成される。日本語問合せ文が入力されると、文解析→解析結果に基づく知識の連想・推論検索→検索結果の表示、の順で処理を行なう。

- (1) 人間の認知構造では、長期記憶と短期記憶及び作業記憶が核である。短期記憶は容量に制限がある。
- (2) 長期記憶内には、常識などを含む既存知識が構造化されて蓄積されている。
- (3) 知覚器官から受け入れられる情報は、単に意味を構成す

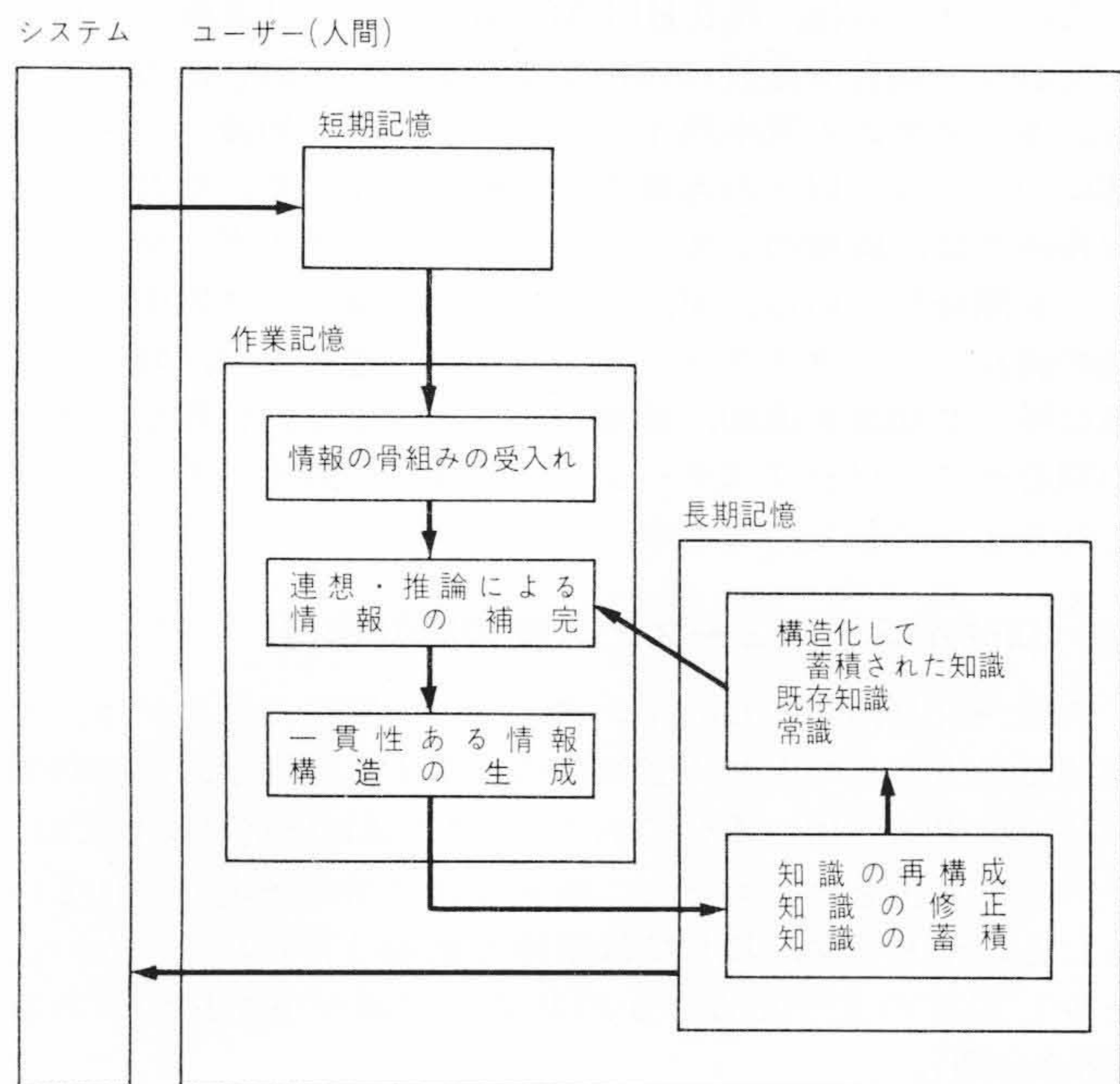


図2 人間の認知構造における情報の流れ 図中の矢印線が情報の流れを示す。連想・推論は、常識、既存知識、状況(文脈)、一貫性などを利用して行なわれる。

る骨組みの構成要素にすぎない。情報は既存知識を喚起する(連想が行なわれる)。人間は喚起された既存知識を用いて、情報を補充、統合し、推論などを含む様々な精神操作を用いて、一貫性ある情報構造を作りあげる。

(4) 既存知識の喚起(連想)には、情報の受け入れられた状況(文脈)が大きな役割を果たす。

(5) 作りあげられた情報構造は、新しい知識となって長期記憶内に構造化されて取り込まれる。このとき、既存知識と新知識とに矛盾があれば修正、再構成あるいは新知識の棄却が行なわれる。

人間の認知構造が以上のような特質をもつとの認識に立つなら、人間～計算機間のコミュニケーションに知的インタフェースを実現するためには以下の諸点に留意することが必要である。これらは、各種ソフトウェア開発ツールや日本語ワードプロセッサを対象としたケーススタディでもその必要性が確認できたものである。

(1) 制限量には諸説があるが、短期記憶の容量には制限があることから、ユーザーが一度に注意を払う必要があるシステム側からの情報量は極力少なくしなければならない。注意すべき情報量が多くなると、誤りの発見が遅れるだけでなく、疲労の原因ともなりやすい。注意すべき情報量の増加が避けられない場合は、情報受容器を分担させる、例えば目だけでなく耳も用いるなどの工夫が必要である。

(2) 人間同士では、無意識のうちに言葉の省略がしばしば行なわれる。情報元と受け手はそれぞれが共有する知識により、情報を補完するなどして理解する。これより、システムはユーザーと共有できる常識をもたなければならない。ユーザーが省略して当然と思い、無意識のうちにも省略してしまう手順までもユーザーに操作させることは避けねばならない。ユーザーが省略するのが当然と考えるであろう操作部分を検討し、それを省略するのに必要な知識をシステムに付与することが必要である。

(3) ユーザーが連想や推論を行ないやすいように、また、一貫性のある情報構造を作りあげやすいように、人間～計算機間のインタフェースは「一貫性」のあるものにしなければならない。このため、人間～計算機間のインタフェースに一貫性があると言えるためには、いかなる条件が満足されていなければならないかについて、ワードプロセッサを対象に検討し19条件を抽出した(表1)¹⁾。

(4) システムはユーザーに、今ユーザーがどの局面で仕事をしているかを常に知らせていなければならない。これにより、ユーザーの連想、推論を促進することができる。

(5) システムは学習機能をもたなければならない。人間同士では親密性が増すにつれ、相手に関する知識も増え、言葉の省略程度も増大する。ユーザーとシステムとの対話が進み、ユーザーが熟練度を上げるに従い、システムがもっている知識も追加、更新が行なわれ、ユーザーのレベルに合った使い勝手が実現されなければならない。先に述べた常識にとどまらず、ユーザーの使い方に即した知識の蓄積、応用機能が知的インタフェース実現のためのキーになるものと考ええる。

4 知的インタフェースと自然語

知的インタフェース実現のためには、自然語(日本語)によるコミュニケーションが重要である。以下では自然語による対話機能の具備すべき要件と自然語による知的インタフェースの実施例について概説する。

表1 インタフェースにおける一貫性の具備すべき条件 インタフェースに一貫性があるといえるには、如何なる条件が満足されなければならないか、についてワードプロセッサを対象にプロトコル分析などを通じて検討し、抽出したものである。

No.	具 備 条 件
1	選択肢に利用されている数字(文字, 記号)の機能的意味が統一されていること。
2	選択肢に利用されている数字(文字, 記号)の機能的意味と数字(文字, 記号)がもつ順序的意味との整合がとれていること。
3	選択肢に利用されている数字(文字, 記号)の機能的意味と, それら自体がもつ位置的意思との整合がとれていること。
4	選択肢に利用されている数字(文字, 記号)に対応させた内容が1対1で固定し, 不変であること。
5	位置の上下関係(上→下, 下→上), 位置の左右関係(左→右, 右→左)は, システム内では二者択一的に統一して利用されていること。
6	位置の上下関係, 位置の左右関係の優先順位が, システム内で統一されていること。
7	操作手順に統一がとれていること。
8	キーロックの扱いに統一がとれていること。
9	キーボード内のキーの位置とキーの機能とに統一がとれていること。
10	処理モードは, それ自体ですべての事象を処理できる機能をもっていること。
11	画面変容に規則性があり, 利用者の行なう操作と画面変容との間の関係が容易に推測できること。
12	画面表示状態と実際の出来上り状態とにずれがないこと。
13	出来上り状態の全体が画面上に表示できること。
14	入力した情報はすべてフィードバックされ, 見えない情報はなくないこと。
15	利用者からみてシステムが簡潔に見えること。
16	処理の代替方法が未分化な形で散在しないこと。
17	システムの構造が体系的であること。
18	システムが想定している使われ方のモデルが明らかであること。
19	既存技術との関連づけが明らかであり, 既存技術との類似点, 相違点が明確であること。

4.1 人間～計算機間の自然語(日本語)によるコミュニケーションの具備すべき要件

人間～計算機間の自然語によるコミュニケーションを「人間同士の対話」に近づけるための具備要件については、Carnegie Mellon大学²⁾などで英語を対象言語として活発な研究がなされている。これらをもとに、日本語の場合の具備要件をまとめてみる³⁾と、次のようになる。

(1) 受容可能な構文の範囲が広く、非文法的表現の混入も許容する柔軟性(Flexibility)があること。

- (a) 連続的な日本語発話、すなわちベタ入力の仮名文字列からの語の認定⁴⁾
- (b) 限定詞・指示語表現可
(例)「私のファイル」, 「そのファイル」
- (c) 読み仮名の誤入力, 文章中の誤字・脱字の混入の許容
- (d) 省略表現, 断片的な入力の受容 例えは, 助詞を省いた表現や, 前文と異なった箇所だけの指定などが対応する。
- (e) 文の区切り誤りの補正
- (f) 間投詞混入に対する自動除去
- (g) 転置表現可

(2) 適用対象・業務に即した意味情報(Semantics)の利用による頑強性(Robustness)を保持すること。

- (a) 入力文全体の解析に失敗したとき, ボトムアップ方式に解析したり, 他の入力文や意味情報の利用により, 発見的に部分解釈できる。
 - (b) 部分解釈したり, 意味情報に基づくあいまい性の除去に失敗したとき, ユーザーに適切に説明ができる。
 - (c) 対話の流れは, 適用対象の問題の中心に, 焦点が合わされ, 簡便に, 代替案やデフォルトを指示できる。
- (3) 「場」に適合した意味の解釈ができる弾力性(Resilience)があること。
- (4) ユーザーの適用対象・システム利用に対する熟練度に応じた応答ができること(User Friendliness)。
- (5) パーサー, 構文情報, 対話の仕方, 構造に関する知識, 対象業務の意味情報が別モジュールとなっていること。

4.2 日本語インタフェースの実施例

前節で述べた具備要件のすべてを満たす日本語インタフェースの実現は、今後の研究開発に待つ必要がある。ここでは実証システム:「日本語による知識ベース検索システム」に

即して、日本語処理機能の実施例について述べる(図1)。

- (1) 日本語問合せ文表現の許容範囲
- (a) 助詞(テ, ニ, ヲ, ハ)の省略, 使用誤り
 - (b) 指示語, 代名詞表現を可とする。
 - (c) 文末表現は, 態表現(能動・受動・使役), 命令調からていねい調に至るまでの表現を可とする。
 - (d) 情報の項目名を表わす言葉と各項目に属するデータを表わす言葉(例えは, 「会社名」が項目名, 日立製作所がそれに対する項目データとなる。)について, 同義語, 上位語・下位語, 類似語表現を可とする。
 - (e) 並列句, 論理積・論理和表現, 体言修飾表現, 否定表現を可とする。
 - (f) What形問合せ文, Yes-No形問合せ文のいずれも可とする。What形については, 疑問指示語(「いつ」, 「何」など)の明示の有無は問わない。
 - (g) 検索結果情報のうち, 表示所望項目の指定を可とする。
- (2) 上記の特性をもつ日本語問合せ文の内容を, 格文法⁵⁾に基づき定式化した日本語文構造⁶⁾に合致した表現形式に変換し, データベースシステムやアプリケーションプログラムと接続できるようにした。この表現形式には, 次の表現が可能である。
- (a) 項目名と項目データとの対応
 - (b) 検索条件と検索結果表示指示との区分
 - (c) 検索条件構成項目ごとに, 等号関係, 大小関係の表現
 - (d) 検索条件構成項目間の論理演算関係

5 知識処理と知識ベース検索

知的インタフェースを実現するために、システムが具備すべき知識ベース^{7),8)}(蓄積知識の集合)の管理・検索機能について実施例を含めて概説する。

5.1 知識表現と知識ベース管理システムの基本機能

知識の種類については種々の考察があるが^{9)~11)}, その内容から、次の3種類に分類した。

- (1) 論理形知識
- これには、「山田さんの職業は会社員である。」のような個別知識, 個別知識を統合する知識(新しい概念の定義など), 知識間の制約関係などが含まれる。
- (2) 一般化階層形知識

上位概念及び下位概念の関係を表わす知識

(3) 辞書形知識

同類語など用語に関する知識

上記3種類の知識を統一的に表現するため、ユニファイドスキーマと呼ぶ、下記のような記述方式を用いた。

項目名 {項目データ {項目名 {項目データ {・・・}}}}

これによると、例えば「山田さんの目は大きく、職業は会社員である。」は次のように表現される。

人名 {山田 {目 {大きい}, 職業 {会社員}}}

これらの知識が蓄積されている知識ベースを管理・検索するシステムには、次の三つの基本機能が必要である。

(1) 連想・推論機能

- (a) 知識ベースの利用者が検索の道筋を正確に記述しなくても、システムが自動的に連想・推論し検索する機能
- (b) 知識ベースの構造に関する予備知識がなくても、利用者が検索要求を行なえる機能

(2) 知識獲得機能

- (a) 知識構造の定義がなくても、簡単に知識の蓄積が行なえる機能
- (b) 蓄積済みの個々の知識から新しい知識を生成・蓄積する機能

(3) 無矛盾性管理機能

蓄積知識間の矛盾発生を防止する機能

5.2 知識ベース管理システムの実施例^{12),13)}

図1に示す「日本語による知識ベース検索システム」の知識ベース管理部は、下記の四つの機能を組み合わせた連想・推論検索を行なう機能をもつ。

- (1) 言い回しの異なる言葉を、同一とみなす検索(図1の①)
- (2) 上位下位概念を利用する検索 例えば、電子製品に関する知識が蓄積されているとき、計算機に関する問合せでもその知識を検索する機能(図1の②)。
- (3) 意味的に関連のある知識をたどる検索(図1の③、④)。
- (4) 部分的に一致する言葉をもつ知識の検索(図1の⑤)。

図1の実証システムでは、ディスクへのアクセスのためにRDB1 (Relational Database Manager 1:リレーショナルデータベース管理システム)を使用した。図3は、知識をRDB1のテーブル形式で蓄積した例である。知識は論理形知識及び辞書形知識の2種類を示した。図3の点線は、「注文主が書店でM180を使用する受注システムは」という問合せに対するシステムの検索軌跡を示す。この例で示すように、実証システムでは、a→b→c→dのような検索の道筋をシステムが自動的に決定する。

上記で述べた実証システムには、前節で述べた知識獲得機能、知識の無矛盾性管理機能は実装していない。これらについては、連想・推論機能のいっそう強化とともに逐次実現を図る計画である。

6 結 言

人間～計算機間の高度な対話性(知的インタフェース)実現のための基礎技術の開発を行なった。本稿では、特に人間の認知構造との関連、情報の表現・交換媒体としての日本語の特質とその処理、情報蓄積媒体としての知識ベースの構造とその管理方式、更に、実証システムとして開発した「日本語による知識ベース検索システム」について開発技術の概要を示した。これらの成果は、次期ワークステーションをはじめ、各種OA機器、データベースシステム、ニューメディア利用問合せシステムなど広範囲にわたる適用が有望と考える。

辞書形知識

同類語番号	同 類 語
1	書 店
1	書 籍 店

論理形知識(顧客)

主項目名	主項目データ	項 目 名	項目データ
顧 客 名	太 陽 堂	業 種	書 籍 店
//	//	住 所	川 崎 市

論理形知識(受注システム)

主項目名	主項目データ	項 目 名	項目データ
受注システム名	図書情報検索システム	注 文 主	太 陽 堂
//	//	受 注 月	59. 5
//	//	使用計算機	M180

図3 連想・推論検索の例 「注文主が書店でM180を使用する受注システムは」との問合せ文に対しては、辞書形知識及び論理形知識をa→b→c→dの順にたどって、目的の知識を検索する。

参考文献

- 1) 小滝, 外: ICASにおけるシステムの使いやすさの検討—「一貫性」の役割と条件, 情報処理学会第30回大会(1985)
- 2) J. G. Carbonell: The Role of User Modelling in Natural Language Interface Design, CMU-cs-83-115(1983-5)
- 3) 絹川: 日本語インタフェースにおける自然語問合わせ文解析の一考察, 情報処理学会第29回全国大会(1984-9)
- 4) 絹川, 外: HITAC L-320/30H文書処理機能, 日立評論, 63, 5, 303~308(昭56-5)
- 5) C. J. Fillmore(田中, 外訳): 格文法の原理, 三省堂(1975)
- 6) 絹川, 外: 日本語文構造解析による自動インデクシング方式, 情報処理学会論文誌, 21, 3, 200~207(1980-5)
- 7) 大須賀: 知識情報処理の進歩と利用環境, 北海道大学大型計算機センタニュース, 16, 3(1984)
- 8) Barr, A et al.(田中, 外訳): 人工知能ハンドブック第1巻, 共立出版(1983)
- 9) Mylopoulous, J: An Overview of Knowledge Representation, Proceedings of the Workshop on Data Abstraction, Databases and Conceptual Modeling, ACM (Nov. 1980)
- 10) 新世代コンピュータ技術開発機構: 先端的コンピュータに関する調査研究報告書[技術動向編](1983-3)
- 11) Minsky, M. L: A Framework for Representing Knowledge, Psychology of Computer Vision, McGraw-Hill (1975)
- 12) 近藤, 外: 知識ベース管理システムの基本構想, 情報処理学会第30回全国大会(1985)
- 13) 小口, 外: 知識ベース管理システムの実現技術, 情報処理学会第30回全国大会(1985)