

文献データベースの知的インターフェースにおける検索結果からの問合せ理解

木下 茂行

加納 康男

高橋 友一

岸野 文郎

ATR 通信システム研究所

あいまいな問合せ文を理解する文献データベースの知的インターフェースにおいて、検索結果からの問合せ理解が文献検索効率を高めるために有効であることを示す。今までに、ユーザモデルを導入し、利用者との対話によりユーザモデルを構築しながら問合せ文を理解する方法、および構築したユーザモデルを使用して対話を行なわなで理解する方法を提案してきた。また、この二つの方法では必ずしも十分な文献検索効率を得られないことを評価実験により示してきた。これを解決するために、検索結果からの問合せ理解およびそれに基づくユーザモデルの構築という第三の方法を提案し、それが有効であることを評価実験により示す。また、検索結果からの問合せ理解を用いることにより、これらの三つの方法を統合して知的インターフェースを構成できることを示す。

A QUERY UNDERSTANDING FROM RETRIEVAL RESULTS IN AN INTELLIGENT INTERFACE TO A DOCUMENT DATABASE

Shigeyuki Kinoshita Yasuo Kanou Tomoichi Takahashi Fumio Kishino

ATR Communication Systems Research Laboratories

Sanpeidani, Inuidani, Seika-cho, Soraku-gun, Kyoto 612-02, Japan

Understanding from retrieval results is discussed for an intelligent interface to a document database which can understand ambiguous queries. We have introduced user models and proposed two understanding methods: one is understanding queries and acquiring user models through dialogues with users, and the other is understanding without dialogues using the user models. It was shown by evaluation experiments that the retrieval efficiency of these two methods is insufficient. To improve the inefficiency, third method, understanding queries and acquiring user models from retrieval results, is proposed in this paper. This method is evaluated to be efficient by experiments. In addition, it is shown that effective intelligent interface can be constructed by integrating three methods.

1 まえがき

情報検索システムに対する従来の自然言語インターフェースでは、Belkinらが指摘するように、利用者の検索意図が自然言語で完全に表現できると仮定している[4][5]。文献検索の利用者は、何らかの問題解決を行うのに不足している知識を文献に求めているため、自然言語でそれを完全に表現するのは困難である。またTaylor[3]が指摘するように、検索要求には漠然とした段階から検索文で表現できる段階まであり、利用者が言葉で表現する検索要求は、ふつうかなり漠然とした段階であると考えられる。従って、文献検索システムのよりユーザフレンドリな自然言語インターフェースを実現するためには、このような漠然とした、あるいはあいまい性を持った問合せ文を理解できることが要求される。

漠然とした検索要求に対処するためのアプローチとして、システムのもつ文献の分類体系を利用者にブラウジングし、利用者がそれを辿りながら自ら検索要求を明確化して行き、欲しい文献を捜す出すもの[1][2]が提案されている。これは漠然とした要求を明確化する作業は利用者任せ、システムはその手助けとなる情報を的確に提供するものである。これに対し、我々のアプローチはブラウジング型のものが利用者に委ねた要求を明確化する部分も含めて問合せ文を理解し、文献検索を行なおうとするものである。

我々は、これまで、あいまいな問合せ文を理解するための二つの方法（対話による理解、および類推による理解）を提案してきた。また、あいまいな問合せ文を理解し、文献検索を行なうための知的インターフェースの構成法の妥当性を評価する方法を提案してきた。この評価では、従来の文献検索システムにおいて用いられている文献検索効率（適合率、再現率）だけではなく、あいまいな問合せ文から、利用者の検索意図をどの程度汲み取ったかを示すキーワード検索効率と呼ぶ指標を導入している。これは、問合せ文からの利用者の検索意図の抽出を検索意図に相当するキーワード集合を抽出することであると捉え、これの性能を定量化したものである。

この評価方法に基づいて、あいまいな問合せ文を理解するための二つの方法を実験により評価した。この評価実験では、提案してきた二つの理解方法の両者とも利用者の検索意図の抽出はかなりうまく行なえる、即ち、キーワード検索効率はかなり高い値が得られるものの、文献検索効率はキーワード検索効率に比べ低い値となることがわかった。この原因の一つとして、提案してきた二つの理解方法では抽出できない利用者の検索意図が存在することの示した。

本稿では、以前の評価実験で明らかになったこの問題を解決するために、検索結果からの問合せ理解と呼ぶ第三の方法を提案する。この検索結果からの問合せ理解について、キーワード検索効率および文献検索効率の両指標を用いた評価実験から、この方法が有効であることを示す。この方法では、対話による理解、および類推による理解の二つの方法を統合することができる。

2 文献検索のモデルについて

2.1 文献検索におけるあいまい性

文献検索における問合せ文のうち、書誌情報を含まずに文献の内容のみを参照しているものに限る。問合せ文に含まれる漠然性あるいはあいまい性のうち、ここでは次のものを対象とする。

- (1) 利用者独自の言葉、あるいは特有の言葉の使い方
問合せ文には、システムの知っている言葉（キーワード）以外の独自の言葉を含むことがある。またキーワードであっても、利用者特有の意味で使用することがある。
- (2) 過剰の限定
問合せ文で使った言葉の意味を広く解釈するのが望ましい場合がある。例えば、“Dempster-Shafer理論”と言ってもこれ以外の不確実性を表現するものを含むことがある。
- (3) 限定の不足
検索意図を問合せ文で十分に限定しない場合がある。

これらは、問合せ文に含まれる名詞の意味のあいまい性である。即ち、文献検索の問合せ文の理解は、問合せ文中の名詞の表面上の意味以上に上記のような名詞の中に隠されている検索意図まで明確化して、それに基づいて文献検索を行なうことであると捉える。

2.2 文献検索のモデル

前節で述べたようなあいまいな問合せ文を許す知的インターフェースを構成するために、我々は次のようなアプローチを採用した。

ユーザモデルの導入

ここでのユーザモデルは、利用者単位の個人用シソーラスのことである。これに利用者独自の言葉や分類体系を持たせる。

ユーザモデルを使用した問合せ文の理解

問合せ文の理解は、ユーザモデルの中から利用者の検索意図に照応する部分構造（意味構造と呼ぶ）を抽出することに対応する。この照応作業により、あいまいな問合せ文の理解を行なう。

あいまいな問合せ文の検索意図は、今までの実験から、次のようにして抽出できることを確認した[13][14]。

- (1) 問合せ文に直接表明されている検索意図。
- (2) システムと利用者との対話を通して、利用者が表明する検索意図。
- (3) システムの検索結果から利用者が選択した文献を解析することによって発見される検索意図。

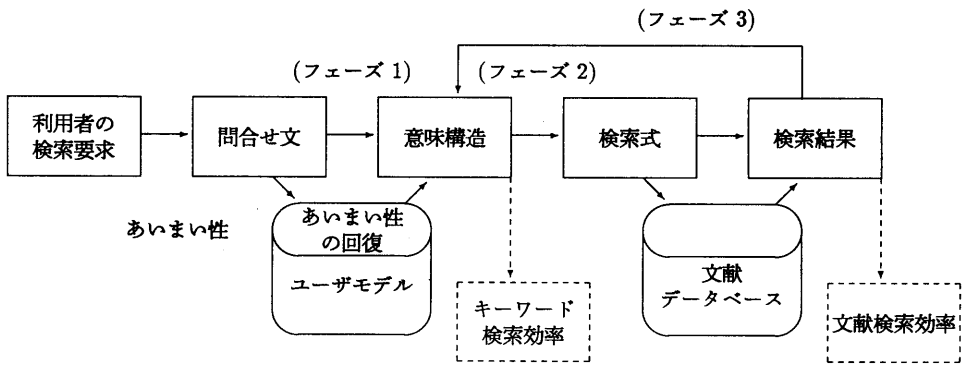


図1: 文献検索システムのモデル

ここでは、文献データベースはキーワードにより索引付けされた、従来型のもので仮定している。問合せ文の理解は、上記の検索意図をすべて抽出することである。

このようなあいまい性を含んだ利用者の問合せ文を理解し、それに基づいて文献データベースを検索するために、次のような3つのフェーズで問合せ文を処理するものとしてモデル化した(図1)。

(フェーズ1) 問合せ文からの意図理解

問合せ文をユーザモデルに照応し、意味構造を作成する。この過程で、上記の検索意図のうち、主に(1)と(2)を抽出する。

(フェーズ2) 文献データベースの検索

意味構造を、キーワードによる文献データベースの検索式へ変換し、検索を実行する。

(フェーズ3) 検索結果からの意図理解

検索結果を利用者に提示して意図に合う文献を選択してもらう。選択された文献から検索意図の抽出を行ない(上記の(1))、意味構造を変更する。

従来提案されているフェーズ3のようなフィードバック処理では、検索結果から利用者自身が問合せ文(あるいは検索式)を修正している[6]。これに対し、この構成法では、検索結果からの自動的な意図抽出を狙っている。

2.3 問合せ文とユーザモデルの表現について

利用者の問合せ文とユーザモデルは、同じものを表現している。すなわち、問合せ文は利用者が何を検索したかを表現したものであり、ユーザモデルは何が検索されるかを表現したものである。ここでは、問合せ文に含まれる“概念”とそれらの間の関係に基づいて、問合せ文とユーザモデルを表現する。

表1に問合せ文に含まれる概念間の関係を示す。これは、約250の問合せ文の解析結果に基づいている。また、表1中での出現回数は、約250のうちの136の問合せ文でのそれぞれの関係の出現回数である。出現回数の合計が136にならないのは、一つの問合せ文中に複数の関係が存在するからである。

表1: 問合せ文中の名詞間の関係の分類

種類	関係名	出現回数	使用される言葉(助詞)
単独		19	
併記	併記	40	とおよび や または あるいは
階層	例示	5	をふくむ などの としての とくに たとえば
	対象	106	の での における への にかたいする に対する
限定	手段	24	による をもちいた をつかった を使用した
	目的	5	のための にもちいる
	因果	9	による
	場所	7	での における の
他		7	

(a) 問合せ文の表現について

利用者の問合せ文は「(名詞句表現)が欲しい」という形式で表現されるものとし、この名詞句表現から表1に従って概念を表現している名詞とその間の関係を抽出し表現する。

例: 「意味ネットワークによる対象世界モデルの表現」

(手段 (対象 表現 対象世界モデル) 意味ネットワーク)

(b) ユーザモデルの表現について

ユーザモデルは、名詞で表された概念ノードと概念ノード間の関係を表すリンクを持つ意味ネットワークで表現する。概念ノードには、検索キーワードに対応するキーワードノードと、独自語に対応する独自語ノードを設ける。リンクには、表1の分類に基づく4種類の関係、階層関係、関連関係、同義関係、限定関係(対象、手段、目的、因果関係)がある。

初期状態のユーザモデルは典型的な対象世界モデルとし、利用者との対話によってこれを変形するとともに独自語を取り込む。リンクには、2つの概念間での利用者の連想の強さを示す3段階のレベル（意図のレベル：初期状態、意図する、意図しない）を持つ。これらのレベルは、隠れた検索意図を推論するために用いる。

2.4 評価指標について

キーワード検索効率および文献検索効率をそれぞれ次のように定義する。

キーワード検索効率

問合せ文の意味構造中のキーワードから、次のようにキーワード検索効率（キーワード適合率 (Kp_q) ）およびキーワード再現率 (Kr_q) ）を定義する。

$$Kp_q = \frac{|Eq'|}{|Eq|}, \quad Kr_q = \frac{|Eq'|}{|Pq'|}$$

$|Pq'|$: 全キーワードのうち利用者の検索意図に適合したキーワードの数

$|Eq|$: システムが抽出したキーワードの数

$|Eq'|$: システムが抽出したキーワードのうち利用者の検索意図に適合したキーワードの数

文献検索効率

文献検索効率（文献適合率 (Rp_q) ）および文献再現率 (Rr_q) ）は、それぞれ上記のキーワード検索効率の定義の“キーワード”を“文献”と読み換えたものとなる。文献検索効率は順位付け出力を採用するシステムにおいては一般に再現率-適合率曲線で表現される。[8][9] 本稿では、文献検索効率は再現率-適合率曲線上の各再現率、適合率の平均値で示す。

3 問合せ文からの理解（フェーズ1）とその評価実験

3.1 問合せ文の理解方法

フェーズ1では、あいまいな問合せ文を理解するための対話による理解および類推による理解と呼ぶ二つの手法を提案してきた[10][11][15]。これらについては以前に報告しているので、ここでは簡単に触れるにとどめる。

3.1.1 対話による理解について

利用者の問合せ文を理解する第一の方法は、問合せ文に含まれる名詞の意味を利用者に尋ねることにより明確化しながら、問合せ文をユーザモデルに照応する方法である。この方法は、同時にユーザモデルを構築する。これは、次のような処理により行なう。

(a) 名詞の意味の詳細化

問合せ文中の名詞は、利用者の要求を特定するためのより詳細な言葉で規定されるべきであると考えられる。この

ため、問合せ文中の名詞に対応する概念ノードに対し、初期状態レベルのリンクで連結されている下位または関連、限定関係の概念ノードがあればこれらを利用者に問合せ、その回答に応じてリンクの意図のレベルを“意図する”もしくは“意図しない”に修正する。

(b) 未知語に対する処理

ユーザモデルにない言葉（未知語）は、既知の名詞で規定されるべきであると考えられる。このため、問合せ文中の名詞が未知語の時は、利用者にその言葉の説明を求める。システムは、対話に基づいてこれを新たなリンクと新たな独自語ノードとしてユーザモデルに組み入れる。

(c) 関係構造の付加と削除

利用者がユーザモデルにある概念ノードを用いてそれらの間の新たな関係構造を表明したときには、その関係に基づいたリンクを付加する。一方、利用者がシステムから提示された関係構造を否定した時には、ユーザモデルの関係構造を修正する。

3.1.2 類推による理解について

利用者の問合せ文を理解する第二の方法は、利用者との対話を行なうことなく、問合せ文中の名詞に対しても、名詞間の関係情報を手がかりとして問合せ文をユーザモデルに照応することによって検索意図を抽出する方法である。これは、次のような処理により行なう。

(a) 未知語を含まない場合の処理

問合せ文の名詞を含む関係構造全体をユーザモデルに照合し、その関係構造に最も近いユーザモデルの部分の意味構造とする。この時、名詞あるいは名詞間の関係が完全に一致しなくても、ある程度の許容範囲内で一致するものを見つけ出す。このため、照合の結果は一意ではなく、複数の候補が存在することがある。

(b) 未知語に対する処理

ある関係構造の片方の名詞が未知語で他方が既知（照応に成功したもの）の場合には、既知の名詞と名詞間の関係を使用して、次の2つの規則に従って処理する。

規則1 未知語を、既知の名詞に対応するユーザモデル上の概念ノードに対してその関係の種類に対応したリンクで繋がれた概念ノードと考える。

規則2 未知語を、既知の名詞と同じ概念ノード、あるいはその上位の概念ノードと考える。

3.1.3 隠れた意図の推論について

上記の二つの手法は、いずれも直接表明された、および対話で利用者が表明した名詞の意味の理解である。隠れた意図の推論では、ユーザモデルを利用して対話を行わずに、問合せ文で使用した名詞の意味を明確化する

る。さらに、検索意図に相当するキーワードを選択する処理を行なう。これにより、上記の二つの手法を、対話による理解に対しては対話回数を削減するという意味で、類推による理解に対しては検索効率を高めるという意味で機能を補間する。

この処理は、問合せ文に含まれる名詞に直接に関連するユーザモデルの概念ノードから、“意図する”とラベル付けられたリンクを辿って意図しているキーワードを抽出する。これは、問合せ文中の名詞を自動的により詳細な名詞で置き換えるとともに、それに対応するキーワードを抽出することに相当する。

3.2 評価実験について

この二つの理解方法を検証するため、評価実験を実施した[11][12][13][14][16]。検索対象の文献を人工知能分野のものとし、約800の文献からなるデータベースを使用した。ユーザモデルの初期状態の典型的な対象世界モデルを、約500のノード(キーワードノード)からなるものとした。これは、[7]に基づいて表現されている。

評価実験を行なうためには、理解結果に基づいて文献データベースの検索を行なう必要がある。

フェーズ2の文献データベースの検索方法については多くのものが提案されているが、今回の評価においては、意味構造に含まれるキーワードと文献に付与されているキーワードとの一致したものの数で文献を点数付けし、これに従って、文献を順位付け出力する。この方式は、ベクトル方式[8][9]の文献検索におけるすべての重みの値を一定にしたものである。単純な検索方法を採用した理由は、評価の主たる目的が問合せ文の理解の評価であり、検索方法についてはこの目的を満足するものであれば良いことによる。

実験は4人の被験者(当研究所の研究者)に対して行った。1人の被験者に対し3つの問合せ文を作成して貰い、同じ問合せ文の処理を、対話による理解、類推により理解それぞれ3回(但し、検索意図は同じで問合せ文の表現の異なるものもある)繰り返した。また、当実験では、被験者の検索意図にあったキーワードおよび文献は、被験者に全キーワード、全文献の中から選択してもらった。

3.3 フェーズ1の問合せ文の理解の評価

この評価結果についても以前に報告しているので、ここでは評価結果の概略のみを述べる。

表2は、対話による理解において対話で抽出できるすべての検索意図を抽出するまでの対話回数を示す。表3は、両手法による問合せ文の理解とそれに基づく検索におけるキーワード検索効率と文献検索効率の平均値、および分散を示す。また、図2は、ある利用者に対する対話による理解処理の対話の各時点のキーワード検索効率、および文献検索効率の推移を、図3は、図2の被験者aの類推による理解でのキーワード検索効率および文

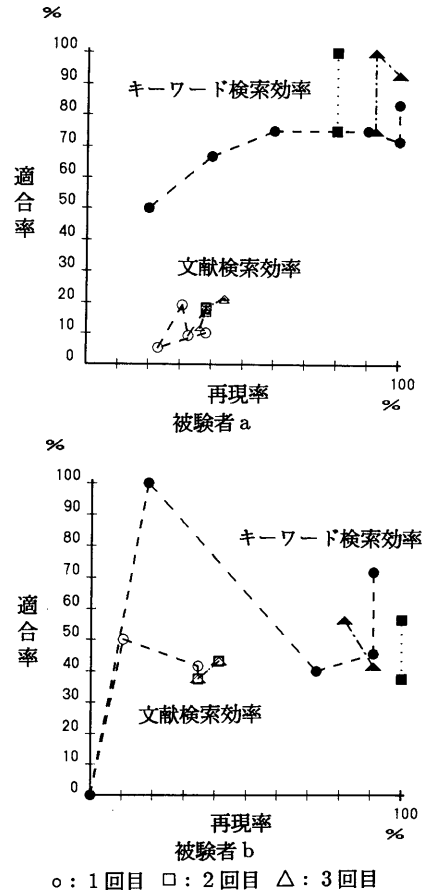


図2: 対話による理解における検索効率の推移

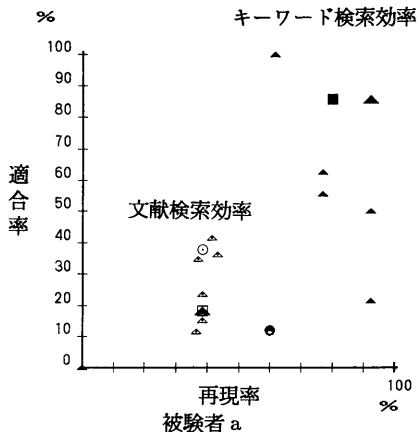
献検索効率を示す。図3の小さな三角形は、3回目の処理での、検索意図は同じで言葉の表現を変えたものの結果を示す。

これらから、1回目の対話でユーザモデルが構築され、2回目以降の対話ではこれを使った効率のよい対話ができ、高いキーワード検索効率を得られることがわかる。また、2回目以降の類推による理解処理でも、ユーザモデルを使用して対話による理解に比べて適合率がやや劣り、バラツキも大きくなるものの、かなり高いキーワード検索効率を得られることがわかる。一方、文献検索効率については増加する方向に対話が進行するものの、得られる文献検索効率は、キーワード検索効率に比べ低いことがわかる。

また、検索意図が元の問合せ文と同じであり表現が変わらない(未知語を1つ含む程度)場合には、元の問合せ文に比べてキーワード検索効率、文献検索効率ともに再現率が高め、適合率が低めとなり、文献検索効率については、ばらつきはキーワード検索効率ほど大きくないことがわかる。これは、ユーザモデル構築後は、少し

表 3: 問合せ理解における平均検索効率

		1回目				2回目				3回目			
		再現率		適合率		再現率		適合率		再現率		適合率	
		平均	分散	平均	分散	平均	分散	平均	分散	平均	分散	平均	分散
キーワード 検索効率	対話による理解	75.9	18.6	88.7	16.3	81.1	11.4	85.2	19.7	82.2	10.4	84.5	16.1
	類推による理解	42.1	29.0	53.3	32.6	74.5	16.4	60.1	23.5	82.5	12.8	69.3	24.7
文献 検索効率	対話による理解	35.3	11.4	20.5	12.0	32.2	9.7	21.5	12.6	31.9	10.0	23.2	13.5
	類推による理解	30.9	18.8	23.6	15.7	34.3	9.0	20.7	10.2	35.1	7.4	22.9	11.9



○: 1回目 □: 2回目 △: 3回目 (小さいものは、問合せ文の表現を変えたもの)

図 3: 類推による理解における検索効率の推移

表 2: 対話による理解における平均対話回数

	1回目	2回目	3回目
平均	7.6	3.7	2.9
分散	3.1	1.2	1.3

の未知語を含んだ問合せ文に対しても未知語を含まないものと遜色のない性能が得られることを示している。

4 検索結果からの意図理解 (フェーズ 3) とその評価

4.1 フィードバック手法の必要性

前章で述べた問合せ理解手法の評価実験の結果は、文献検索効率はキーワード検索効率と比べて全般に低い値となっている。この評価において、全キーワードのうち利用者の検索意図に適合したキーワード (Pq') は利用者自身に選択してもらったので、対話に基づき構築された

表 4: 被験者が選択した文献中のキーワード

出現頻度		抽出	キーワード
選択文献	全文献		
6	15	yes	自然言語インターフェース
5	48	yes	マンマシンインターフェース
4	12		自然言語処理
3	18	yes	情報検索
3	19		自然言語理解
3	44	yes	データベース
3	129		知識ベース
2	30		人工知能
2	51		モデル
2	248		エキスパートシステム

ユーザモデルを使って問合せ理解を行なった結果のキーワード検索効率は高い値となる。

表 4 は、被験者が選択した文献中のキーワードのうち、二つ以上の文献に現れるものが、意味構造成中に抽出された (yes) かどうかを示す。全文献中の出現頻度に比べて選択文献での出現頻度が高いキーワードは、被験者の検索意図に沿った文献を特定するための重要なキーワード、即ち検索意図を表すものと考えられることができる。表 4 の例では、自然言語処理や自然言語理解は、重要なキーワードと考えられるが、抽出されていない。このことは、利用者があまり意識しておらず、従って対話により抽出できず、ユーザモデルにも反映されない検索意図も存在することを示している。即ち、問合せ文中の名詞の意味は、フェーズ 1 の処理だけでは十分に明確化されていないことを意味する。従ってこれは理解結果の意味構造に含まれておらず、この意味構造を用いて検索した結果が低調になっている。

これを解決するためには、システムが検索した文献のうち利用者が検索意図にあっていないとして選択した文献から、フェーズ 1 の処理では明確化できなかった新たな検索意図を発見し、意味構造を変更して再び検索を行なうようなフィードバック処理が必要である。さらに、新たに発見した検索意図をユーザモデルに反映することにより、これを次回からは自動的に抽出できる。

表 5: 検索結果からの意図抽出における平均検索効率

フィードバック処理稼働率			75.0%	
平均フィードバック回数			1.9 回 (分散 0.74)	
文献	全問合せ	FB	再現率	33.4% (分散 10.5)
		処理前	適合率	21.6% (分散 12.8)
		FB	再現率	37.2% (分散 12.0)
		処理後	適合率	35.0% (分散 18.0)
検索効率	FB問合せ	FB	再現率	37.7% (分散 9.0)
		処理前	適合率	25.3% (分散 10.8)
		FB	再現率	42.4% (分散 8.7)
		処理後	適合率	42.6% (分散 10.5)

FB: フィードバック

4.2 検索結果からの検索意図の抽出方法

表 4 の例で示すように、システムが検索した文献のうち、利用者が選択したものに含まれるキーワードを解析することにより、利用者があまり意識していない検索意図を抽出することができる。即ち、利用者が選択した文献に付与されているキーワードのうち、

- 高い頻度で出現するキーワード
- 全文献中の出現頻度に対して高い頻度で出現するキーワード

を、利用者の検索意図を代表するキーワード考える。これらの検索意図を代表するキーワードのうち、以前の問合せ理解処理で抽出できなかったものを抽出する。このようにして新たに抽出したキーワードを以前に抽出していたものに加えることにより、より検索効率の高い文献を検索できると考えられる。

この方法は、単にフェーズ 1 の処理で作成した意味構造中に抽出されなかったキーワードを抽出するだけであり、これだけの情報では意味構造を変更することはできない。しかし、前述の評価実験で用いた文献データベースの検索方法に対しては、これだけの情報で十分である。検索結果から抽出した検索意図に基づく意味構造の変更については後で述べる。

4.3 検索結果からの検索意図抽出の評価

前節で述べた検索結果からの検索意図の抽出方法を評価するために、次のような実験を行なった。

- 以前に述べた対話による理解の評価実験の継続処理として、検索結果からの検索意図抽出を行なう。
- 検索結果からの検索意図抽出は、この方法で抽出したキーワードを以前のものに加えて検索したものに對しても、新たに抽出できるキーワードがなくなるまで繰り返して行なう。
- 抽出するキーワードは、次の基準のいずれかを満たすものとする：

表 6: 検索結果からのユーザモデル構築時の平均処理回数

		1 回目		2 回目		3 回目	
		対話	FB	対話	FB	対話	FB
対話による理解	平均	7.6	1.7	3.7	0.75	2.9	0.67
	分散	3.1	0.85	1.2	0.83	1.3	0.85
類推による理解	平均	-	1.1	-	0.33	-	0.42
	分散	-	1.3	-	0.62	-	0.76

FB: フィードバック処理回数

- 利用者が選択した文献の 1/3 以上のものに出現するキーワード (高い頻度)
- 全文献中の出現頻度に対して 1/20 以上の頻度で出現するキーワード

この実験の結果を表 5 に示す。この結果から、フィードバック処理は半分強のケースしかうまく稼働しないが、稼働した場合にはかなりの文献検索効率の改善が見られることがわかる。即ち、平均 1.9 回のフィードバック処理により、再現率で平均 4.7%、適合率で平均 17.3% の改善が見られ、特に適合率の改善が著しいことがわかる。これは、利用者の検索意図を特定するためのより適切なキーワードがフィードバック処理により抽出できたためであると考えられる。

但し、今回の実験では、1/4 のケースではフィードバック処理がうまく働かず、新たなキーワードを抽出できなかった (フィードバック処理の稼働率が 75.0%)。この実験ではキーワードをすべて上記の基準で自動的に抽出したが、この条件が後でも述べるように必ずしも最適であるとはいえないことに起因すると考えられる。この条件の最適化とともに、この抽出処理を利用者とのインタラクションをうまく利用することで改善できる。このように、検索結果からの検索意図の抽出が有効であることは実験により実証できた。また、上記の改善により文献検索効率をさらに向上させることが可能である。

4.4 検索結果からのユーザモデルの構築方法

前節で述べた方法では、利用者があまり意識していない検索意図の抽出が可能であるが、そのために検索の度に数回のフィードバック処理が必要になる。一度フィードバック処理により抽出したキーワードを検索意図を表すものとしてユーザモデルに取り込んでおけば、似た検索要求の問合せ文の処理において自動的に隠れた意図として推論することができる。

このユーザモデルの構築は、フィードバック処理終了後の利用者が選択した文献集合 (即ち、最終的に利用者の検索意図に適合すると判断された文献) から、以前に述べた検索結果からの検索意図の抽出方法により抽出されたキーワードと他のキーワードとの関連を抽出し、それに基づいてユーザモデルのノード間のリンクを修正することによって行なう。これは、利用者が選択した文献

集合中で抽出されたキーワードともっとも強い共起関係にあるキーワードと関連があると見なすことである。即ち、抽出されたキーワードを最も共起関係の強い名詞の意味を明確化するものと位置付けることである。関連の種類、および修正の方法は、次の通りである。

- ユーザモデル上につのキーワードノード間ですでにある種類の関連が存在すれば、その関連の強さを“意図する”に変更する。
- ユーザモデル上二つのキーワードノード間に関連が存在しないならば、それらのノード間に関連関係のリンクを追加する。

同様の変更をフェーズ1の処理で作成した意味構造に対して行なうことにより、前述の検索結果からの検索意図抽出ではできなかった抽出した検索意図の意味構造への反映を行なうことができる。このようにして意味構造の変更を行なうことで、この手法はこの評価実験で用いた文献データベースの検索法以外の意味構造のキーワード以外の意味情報も用いたような検索法に対しても有効であるといえる。

4.5 検索結果からのユーザモデル構築の評価

前節で述べた検索結果からのユーザモデル構築を評価するために、問合せ理解（フェーズ1）と全く同じ問合せ文の処理において、各対話による理解処理に対して処理終了後に検索結果からの意図抽出（フィードバック処理）と検索結果からのユーザモデル構築処理を引き続き行なうという方法で実験を行なった。

この実験の結果を表6、表7、図4、図5に示す。これらはすべて、問合せ文からの理解の評価実験における表2、表3、図2、図3にそれぞれ対応している。この結果は、検索結果からのユーザモデル構築を行なわない場合とほぼ同じ回数（対話の後、1回目の処理では平均1.7回、2回目以降の処理では平均0.7回前後のフィードバック処理により、検索結果からのユーザモデル構築により文献検索効率、特に適合率に改善がみられる。これは、検索結果からのユーザモデル構築を行なわない場合のフィードバック回数（平均1.9回）に比べて少ない回数で、同程度の文献検索効率を得られることを示している。また、類推による理解においても、検索結果からユーザモデルを構築した場合にはより少ないフィードバック回数でかなりの文献検索効率の改善が見られる。検索意図が同じで問合せ文の表現を変えたものについては、文献検索効率のばらつきが小さくなっている。

キーワード検索効率は、検索結果からのユーザモデル構築を行なうことにより適合率が低下する傾向が見られる。これは、今回の実験での検索結果からのキーワード抽出の条件が緩かったために不要なキーワードまで抽出したことと、キーワード検索効率の計算において検索結果から意図を表すものとして抽出したキーワードのうち適切なものを検索意図に適合したキーワード (Pq' 、 Eq')

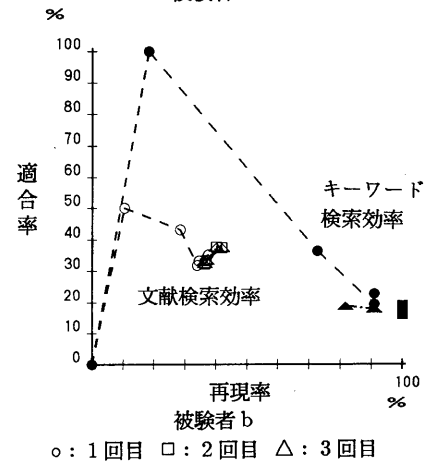
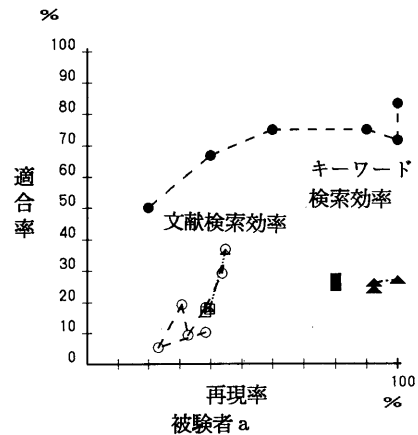


図4: 検索結果からのユーザモデル構築時の対話による理解における検索効率の推移

に加えていないことによる。このうち、前者は抽出条件をチューニングすることにより改善できる。

但し、今回の実験では検索結果からのユーザモデル構築により文献検索効率が低下するケース（図4、被験者b、および図5）も見られる。またこれは、表7において検索結果からのユーザモデルの構築を行なった場合の対話による理解の3回目の平均文献検索効率（再現率36.7%、適合率33.2%）が、ユーザモデルの構築を行わずに単にキーワードの抽出のみを行なった場合（再現率37.2%、適合率35.0%）に比べわずかに低い値となって現れている。

これは、前述の不要なキーワードまで抽出したことに加えて、検索結果からのユーザモデル構築を行なわない場合のフィードバック処理ではフィードバックがうまく稼働しないような場合において、他の問合せでの検索結果からのユーザモデル構築処理の影響を受けて不必要なキーワードまで抽出したためである。これは、検索意図

表 7: 検索結果からのユーザモデル構築時の平均検索効率

		1 回目				2 回目				3 回目				
		再現率		適合率		再現率		適合率		再現率		適合率		
		平均	分散	平均	分散	平均	分散	平均	分散	平均	分散	平均	分散	
キーワード 検索効率	対話に	FB 無	75.9	18.6	88.7	16.3	81.1	11.4	85.2	19.7	82.2	10.4	84.5	16.1
	よる理解	FB 有	77.0	18.9	77.8	30.7	84.3	10.6	41.5	21.2	85.3	9.3	47.1	23.3
	類推に	FB 無	42.1	29.0	53.3	32.6	74.5	16.4	60.1	23.5	82.5	12.8	69.3	24.7
	よる理解	FB 有	34.7	23.1	53.7	38.3	81.5	12.5	33.6	23.1	84.6	10.8	41.0	28.2
文献 検索効率	対話に	FB 無	35.3	11.4	20.5	12.0	33.0	9.0	21.5	12.6	33.7	10.6	23.2	13.5
	よる理解	FB 有	35.5	9.7	29.1	17.2	36.7	9.1	25.9	16.6	36.7	10.1	33.2	15.2
	類推に	FB 無	30.9	18.8	23.6	15.7	34.3	9.0	20.7	10.2	35.1	7.4	22.9	11.9
	よる理解	FB 有	32.7	17.9	31.3	18.5	37.0	10.9	28.6	16.5	38.4	9.0	25.4	15.7

FB: フィードバック処理

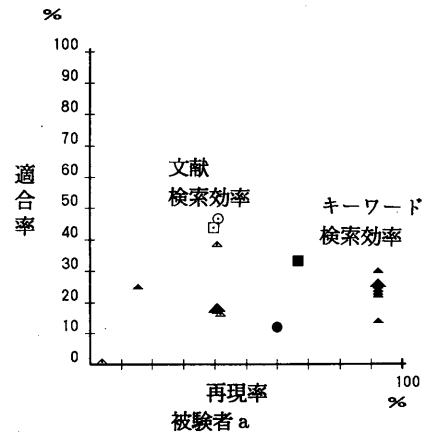
の異なる複数の問合せ文において、ユーザモデル上で識別子を用いて検索意図を識別する手法[17]を適用することによって、検索効率の低下を防ぐことができる。

このように、検索結果からの意図の抽出と、それに基づくユーザモデルの構築は文献検索効率の向上に有効であることは実験により実証された。さらに、この実験の中で明らかになった問題点も、すべて前述のように解決方法が存在する。

4.6 問合せ理解手法の統合

以上の実験により、検索結果からの意図抽出（フィードバック処理）と検索結果からのユーザモデル構築という一連の処理の有効性は示された。更に、これらの処理は、二つの問合せ理解手法を統合することが可能である。即ち、対話による理解は退屈なシステムとの対話を行なう必要があるという欠点を、類推による理解での対話を行なわない理解と、結果からの意図抽出とユーザモデル構築というより効率の良い手法で補い、全体として高い検索効率を得られる体系を構築することができる。この統合のアウトラインは次の通りである。

- (step 1) 多くの未知語を含む問合せ文は、対話による理解で処理し、同時にユーザモデルも構築する。さらに、対話がある程度で打ち切ることで、対話を効率化する。未知語を余り含まない問合せ文は、類推による理解で処理する。
- (step 2) システムの検索結果を利用者に提示し、検索意図にあった文献を選択してもらう。
- (step 3) 利用者が選択した文献から、フィードバック処理により検索結果を洗練するとともに、キーワードを抽出する。抽出したキーワードに基づき、ユーザモデルを更新する。



○: 1回目 □: 2回目 △: 3回目 (小さいものは、問合せ文の表現を変えたもの)

図 5: 検索結果からのユーザモデル構築時の類推による理解における検索効率の推移

5 むすび

あいまいな問合せ文を理解する文献データベースの知的インターフェースの構成法について述べた。インターフェースの構成を、問合せ文をユーザモデルに照応し、意味構造を作成する過程（フェーズ1）、意味構造に基づき文献データベースを検索する過程（フェーズ2）、検索結果の文献のうち利用者が選択したものに基づき意味構造およびユーザモデルを変更する過程（フェーズ3）に分けて捉えた。

以前、フェーズ1でのあいまいな問合せ文の理解方法として、対話によるユーザモデルの構築および問合せ文の理解、構築したユーザモデルを使用しての対話を行なわない類推による理解を提案していた。フェーズ2において単純な方法による文献検索を実施した結果では、

フェーズ1での理解結果のキーワード検索効率としては高い値が得られるものの、文献検索効率は低調であった。これは、利用者が余り意識していない検索意図があり、これは対話によっては抽出できないためであることを示していた。

本稿では、このような検索意図は、フェーズ3で本稿で提案した手法により抽出ができ、従ってフェーズ3によって文献検索効率がかかなり改善されることを示した。まず、利用者との対話を介さない検索結果からの検索意図抽出(フィードバック処理)の方法の提案を行ない、これを実験により評価した。この実験の結果、平均1.9回のフィードバック処理により、再現で平均4.7%、適合率で平均17.3%の改善が見られ、特に適合率の改善が著しいことがわかった。更に、検索結果からのユーザモデル構築手法の提案を行ない、少ないフィードバック回数(1回目の処理では平均1.7回、2回目以降の処理では平均0.7回前後)のフィードバック処理により、同様の文献検索効率の改善が見られることがわかった。また、フェーズ3の処理を導入することにより、以前提案していた二つの理解手法(対話による理解、類推による理解)を統合してより良いインターフェースが構成できることを示した。

人間の使う言葉には、文献データベースの問合せに限らず多くの冗長性、漠然性、あいまい性が含まれている。文献データベースに限らず、様々な自然言語インターフェースの使い易さを向上するためには、このような人間の使う言葉の特性を許すものが望ましい。本手法は、文献データベースのインターフェースの構成法として示したが、冗長性、漠然性、あいまい性等を許した自然言語インターフェースの実現において、本稿で示したような構成法は広く適用が可能である。

最後に、本研究の機会を与えて下さったATR通信システム研究所葉原耕平会長、山下紘一社長、評価実験に協力して下さいた知能処理研究室の皆様へ感謝します。

参考文献

- [1] F. N. Tou, et al. "RABBIT: An Intelligent Database Assistant", in Proceedings of AAAI-82, 1982.
- [2] I. Monarch and J. Carbonell, "CoalSORT: A Knowledge-Based Interface", IEEE EXPERT, SPRING, 1987.
- [3] R. S. Taylor, "The Process of Asking Questions", American Documentation, Oct., 1962.
- [4] N. J. Belkin, et al. "ASK for Information Retrieval: Part 1. Background and Theory", The Journal of Documentation, Vol. 38, No. 2, June, 1982.
- [5] N. J. Belkin, et al. "ASK for Information Retrieval: Part 2. Result of a Design Study", The Journal of Documentation, Vol. 38, No. 3, Sept., 1982.
- [6] J. Yen, et al. "Specification By Reformulation: A Paradigm for Building Integrated User Support Environment", in Proceedings of AAAI-88, 1988.
- [7] David L. Waltz, "Scientific Datalink's Artificial Intelligence Classification Scheme", THE AI MAGAZINE, Spring, 1985.
- [8] サルトン編著, 神保監訳, "SMART 情報検索システム", (株) 企画センター, 1974.
- [9] 伊藤哲郎著, "情報検索", (株) 昭晃堂, 1986.
- [10] S. Kinoshita, Y. Kanou, et. al., "Deep Understanding of Japanese Queries in an Information Retrieval System", Proceedings of the 1988 International Conference on Computer Processing of Chinese and Oriental Languages, 1988.
- [11] 木下, 加納他, "知的情報検索システムにおける問合せ理解とその評価", 情報処理学会知識工学と人工知能研究会報告, 62-2, 1989.
- [12] 木下, 加納他, "知的情報検索システムにおける問合せ理解の評価について", 情報処理学会第38回全国大会, 1989.
- [13] 木下, 加納他, "文献データベースの知的インターフェースとその性能評価", 情報処理学会データベースシステム研究会報告, 72-20, 1989.
- [14] S. Kinoshita, Y. Kanou, et. al., "Quantitative Evaluation Method for Intelligent Interface to a Document Database, Proceedings of the Working Conference on Data and Knowledge Base Integration, 1990 (to be published).
- [15] 加納, 木下他, "文献検索システムにおける検索要求意図推論方式の一検討", 情報処理学会第37回全国大会, 1988.
- [16] Y. Kanou, S. Kinoshita, et. al., "Query Understanding Using User Modeling in a Document Retrieval System", ICCS Symposium '89, 1989.
- [17] 加納, 木下他, "知的検索のための複数の検索意図を表現するユーザモデル", 人工知能学会研究会資料, SIG-HICG-8902-1, 1989.