

知識洗練機構を備えた代替案提示相談システム

青山 憲正†

古関 義幸†

林原 広明‡

†日本電気(株) C&C システム研究所

‡株式会社住友銀行 システム開発部

相談システムにおいては、問合せに対する回答だけでなく、条件を部分的に変更した場合の代替案等、相談者に有用なアドバイスを提示することが重要である。これによって相談者は、問題について理解を深め、より良い解への手がかりを得ることが可能となる。代替案提示機構は、属性と属性値の組で表現された条件（問合せ）を満たす解を検索して回答を提示し、条件を完全に満たさない場合にも、条件と他の解との類似度を計算して、類似度の高い解を代替案として提示する機構である。この機構の上に外国為替管理法（外為法）相談システムのプロトタイプを構築して評価したところ、システムは専門家とほぼ同等の代替案を提示することができた。また、間違えやすい場合を区別するための知識を、適宜システム内に取り込むための知識洗練機構を提案した。この機構によって、法律の修正や運用形態の変更にも柔軟に対応できるシステムが構築できる。

An Alternative Suggestion System with Knowledge Refinement

Norimasa AOYAMA† Yoshiyuki KOSEKI†

Hiroaki HAYASHIBARA‡

†C&C Systems Research Laboratories,
NEC Corporation

‡System Development Dept.,
The Sumitomo Bank, Limited

This paper describes an expert consultation system which has both a mechanism for providing alternative suggestions and a mechanism for supporting knowledge refinement. The system finds a solution which satisfies user requirements represented by attribute-value pairs. When the system cannot completely satisfy requirements, it suggests an alternative solution by calculating the closeness between the requirements and the alternative solution. With this technique, a Q&A system for the Japanese Foreign Exchange and Foreign Trade Control Law is developed. The system gives, with regard to transactions, alternative suggestions when there is sufficient flexibility in user requirements to accept them. The system acquires new knowledge through continual updating by an expert, and this newly acquired knowledge is then used to solve future problems.

1 はじめに

銀行、証券会社などの金融機関では、資産運用や相続税などの問題を対象とした相談型エキスパートシステムへのニーズが高まり、盛んに開発が行なわれている [1]。相談型エキスパートシステムは、相談者の要求を満たす解を提示するシステムであるが、これまでに開発されたシステムは、入力された相談者の要求を完全に満たす場合に限り解を提示するだけであり、そうでない場合に、要求の変更を促したり、代替案を提示するシステムは極めて少ない。

実際の専門家による相談では、相談者の要求に対し直接的な解を示すだけで完結することではなく、有用な補助情報を相談者に提示するなどして、相談者の満足を得ている。有用な補助情報とは、それによって相談者が解決すべき問題について理解を深めたり、より望ましい解決策への手がかりを得るような情報である。しかし、一般には情報の有用性をはかるのは困難であるため、人間の専門家によって行なわれるような質の高い相談はシステム化できていない。

この問題を解決するために、専門領域における専門家の解釈をモデル化し、個々の解釈の知識を相互に関連づけた知識表現を提案する。そしてこの知識表現上で補助情報を提示する代替案提示機構を提案する。

このように、代替案提示機構では専門家の知識が重要な役割を担うが、一般に専門家から知識を全て獲得するのは困難であり、また、一旦獲得した知識も環境の変化に伴って修正する必要があるため、システム化した知識は常に不完全である。この問題に関しては、知識の不備を発見した際に、係る知識を修正したり、あるいは新たな知識を獲得することで対処していくことが重要であり、これを実現する知識洗練機構を合わせて提案する。

本稿では、代替案提示機構と知識洗練機構について、外国為替管理法（外為法）に関する相談という例題の上で考察する。そして、ワークステーション上に構築したプロトタイプシステムにおいて、システムの提示した代替案と専門家の提示す

る代替案との比較評価を行う。

2 外為法相談問題

対象とする問題は、属性と属性値の組で表現された条件を満たす解を検索することによって、問合せに対し回答するような相談問題である。本稿では例題として、外国為替管理法（外為法）を取り上げる。

外為法は、外国為替、外国貿易、その他の対外取引の管理、調整を目的とした法律であり、輸出入、対外投融资等に関する禁止事項、要許可事項、届出義務、報告義務についての規定を定めている [2, 3]。外為法相談問題では、問合せ取引の条件を吟味し、該当する法律の条文を選択して適用し、正しい取扱手続を回答として提示する。

外為法相談問題に取り組むに当たり、(株)住友銀行における実務の事例を参考にした。同行では支店での外為法の正確な適用を支援するため、過去の照会事例をもとに Q&A ハンドブックを作成している。ハンドブックは、(1) 問合せ事例、(2) 問合せ事例に対する回答、(3) 回答の根拠から構成されている。(2) の問合せ事例に対する回答には、取引の可否、あるいは所管官庁への事前届出や許可申請といった取扱手続が記載されるだけでなく、さらに類似取引に関する規定と取扱手続が付け加えられている点が特徴である。また、(3) の回答の根拠には、回答を導くために適用された法律の条文、あるいは所管官庁の見解が記載されている。

このように外為法相談問題は、取引の条件を満たす解を検索することで問合せに対し回答する相談問題であるが、相談者を十分に満足させるためには、問合せの取引に対して適切な取扱手続を提示することに加え、類似取引に関する情報を提示することが重要である。これにより、複雑で紛らわしい取引を正確に判断する手助けが得られ、条件面で有利な解決策（代替取引）のヒントを得ることができるからである。さらに、為替取引をとりまく環境は日々変化するため、知識ベースの継続的な更新が不可欠である。

以上の分析から、外為法相談システムでは、

(1) 取引条件を満足する取引モデルを検索して取扱手続を提示する、(2) 取引条件と類似度の高い取引モデルの取扱手続を代替案として提示する、という「代替案提示機構」を実現した。さらに、(3) 実際の間合せ事例の取引条件を種にして外為法の知識をシステム内に獲得する「知識洗練機構」を実現した。

3 システム概要

外為法相談システムの構成を図1に示す。システムは外為法の専門家による解釈の知識を記述した「取引知識ベース」と「語彙知識ベース」を持つ。推論エンジンは、属性と属性値の組で表現された取引条件を満たす最も詳細な取引モデル（専門家の解釈を表現したもの）、および類似度の高い取引モデルを、取引知識ベースの中から検索する。類似度の計算の際に、単語間の包含関係を表す語彙知識ベースを利用する。知識洗練エンジンは、専門家の支援を得てこれら2つの知識ベースを更新する。

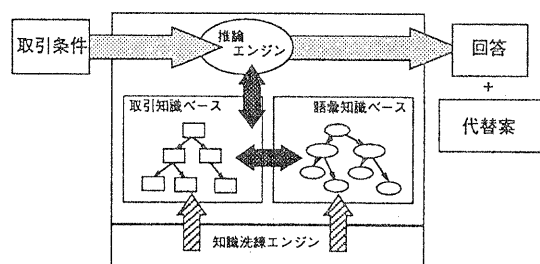


図1: 外為法相談システムの構成

3.1 取引知識ベース

取引知識ベースは、外為取引に関する専門家の解釈の知識を、取引モデルで表現したものである。一つの取引モデルは、法律で定められた取引の規定を専門家が解釈し、その取引の満たすべき条件を属性と属性値のペアの組で表現して一つのフレームにまとめたものである。

取引モデルには、条件の緩い一般的な取引モデルや、条件のきつい詳細な取引モデルがある。

それぞれの取引モデルは、より一般的な取引を表す上位モデルと、より詳細な取引を表す下位モデルへのリンクを持っている。取引知識ベースは、一般的な取引モデルから詳細な取引モデルへとリンクされた、取引モデルの分類木である。

本知識表現方式は、「一般には解Aが成り立つが、例外があり、その場合の解はB」といった知識の表現に適している。外為法は大枠の規定を定め、例外規定を追加するという構成であり、外為法は本知識表現方式に適している。

取引知識ベースの例を図2に示す。図中のフレームが取引モデルであり、フレームにはそのモデルの満たすべき条件が、属性と属性値のペアの組で記述してある。それぞれの取引モデルを、一般的なモデルから詳細なモデル、あるいは例外的なモデルへと矢印でつなぎ、モデル間の関係性を表現している。下位モデルは、上位モデルと比較すると、(1) 新たな属性と属性値がつけ加わっている、または、(2) 属性値がより具体的になっている。属性値が具体的になるとは、属性値の指す対象が狭くなることをいう。例えば、Model-Aの「主体者=居住者」「対象者=非居住者」に比べて、その下位にあるModel-Bは「主体者=本邦にある日本企業」「対象者=海外現地法人」へと具体的になっている。Model-Dは、Model-Bに「金額=3000万円以内」がつけ加わっているのも、さらに詳細な分類である。

取引知識ベースは、外為法で規定していない例外的な取引も、ある取引モデルの下位モデルとして表現することが可能である。そのため、法律以外の運用上の知識や専門家のノウハウなども一律に表現できる利点がある。

3.2 語彙知識ベース

取引モデルの属性には、その値として単語をとるものがあるが、それが法律の条文中で用いられる単語に必ずしも一致していない。語彙知識ベースは、条文中で用いられる一般的な単語を説明する、より具体的な単語を集めたものである。それぞれの単語の表す概念を比較し、その包含関係によって単語の階層木を構築している。いま単語A

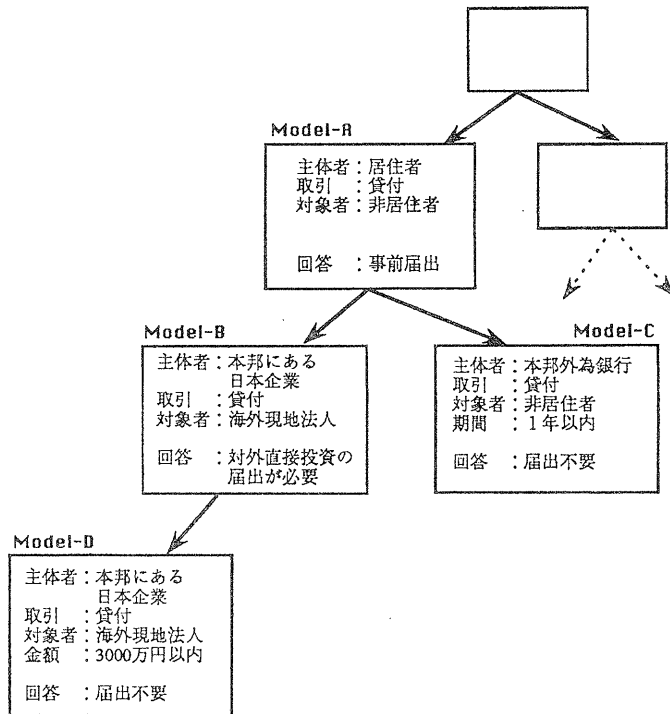


図 2: 取引知識ベース

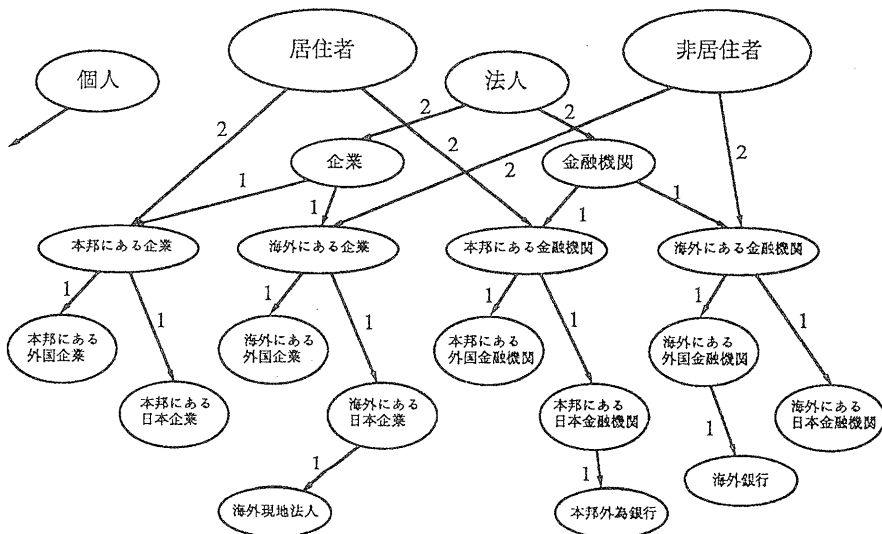


図 3: 語彙知識ベース

の表す概念が全て、単語 B の表す概念に含まれるとき、単語 A は単語 B に包含されるという。

語彙知識ベースを図 3 に示す。この例で、「本邦外為銀行」に当てはまる事物は全て、「本邦にある日本金融機関」に含まれ、「本邦にある企業」と「本邦にある金融機関」のそれぞれに当てはまる事物は例外なく、「居住者」に含まれる。この語彙知識ベースを利用して、取引条件の表現に用いられた単語が、取引モデルの属性値として使われている単語に一致しないときでも、取引モデルの条件が満足されたかどうかを判断できる。

一つの単語とその具体的な例に当たる単語の間には距離が付されている。この距離は、取引モデル間の類似度を計算する際に利用され、類似度は次に説明する代替案提示機構で利用される。

4 代替案提示推論機構

4.1 取引モデル検索

相談者は問合せの取引条件を属性とその値の組で表現する。システムは相談者の取引条件を満たす取引モデルを縦型探索で検索する。取引モデルの検索フローを図 4 に示す。すなわち、取引知識ベースのルートにある取引モデルから順に、問合せ条件を満たすか調べていき、(i) モデルが条件を満たした場合で、さらに下位モデルがある時は、その下位モデルが条件を満たすか調べる。(ii) 下位モデルが存在しないか、全ての下位モデルが条件を満たさない場合に検索は終了し、最後に条件を満たした取引モデルを使って回答を提示する。問合せの取引条件を満たす取引モデルの中で、最も詳細なものが求める取引モデルである。

例えば「日本企業が海外の現地法人に対し、ドル建てで 5000 万円、期間 1 年の貸付をする。届出は必要か」という問合せは、

主体者＝本邦にある日本企業

対象者＝海外現地法人

取引＝貸付

金額＝5000 万円

期間＝1 年

という属性とその値の組で取引条件を入力する。

検索の結果、図 2 の Model-B が選ばれ、「対外直接投資の届出が必要です」という回答を得る。

4.2 代替案提示

検索された取引モデルの近傍モデルを比較すると、それぞれのモデルが満足すべき条件が少しずつ異なっている。ここで近傍モデルとは、上位モデル、下位モデル、そして兄弟関係にあるモデルである。代替案提示機構は、(1) 近傍モデルと検索された取引モデルとの間で異なる条件と、(2) 近傍モデルに対する解、からなる代替案を提示する。相談者は、システムが提示した代替案の解を得るために変更すべき条件を調べ、変更可能であればその条件を変更して、より良い解決策を得ることができる。

図 2 では Model-A, C, D が Model-B の近傍モデルである。Model-D からは「金額が 3000 万円以内なら届出は不要」、Model-A からは「一般に居住者が非居住者に貸付する場合、事前届出が必要」、Model-C からは「本邦外為銀行が行なう期間 1 年以内の貸付は届出不要」というアドバイスがそれぞれ提示される。

全ての近傍モデルから得られる代替案が相談者に有用とは限らないので、相談者に有用な代替案を提供するため、近傍モデルと相談者の問合せの条件の類似度が高いものを提示することにする。ここで類似度は「加重距離の総和」 $\sum w_i \times d_i$ で評価し、この値が小さいほど類似度は高いと判断する。 w_i は各属性の重みであり、属性が取引の根幹に関わる場合には大きい重みを付け、多少の変更を許容する属性には小さい重みを付ける。また d_i は属性値の距離であり、対応する属性ごとに、近傍モデルと相談者の取引条件の間で差をとる。 d_i は、(1) 一方が他方の祖先の場合は 2 つの単語の距離、(2) 2 つの単語のどちらも他方の祖先ではない場合は 2 つの単語の共通の祖先までの距離の大きい方、と定義した。

例えば図 3 において、「本邦外為銀行」と「本邦にある金融機関」との距離は 2 ($=1+1$) であり、「本邦にある企業」との距離は 4 ($=\max\{2, 2+1+1\}$) である。前述の「日本企業が海外の現地法人に対

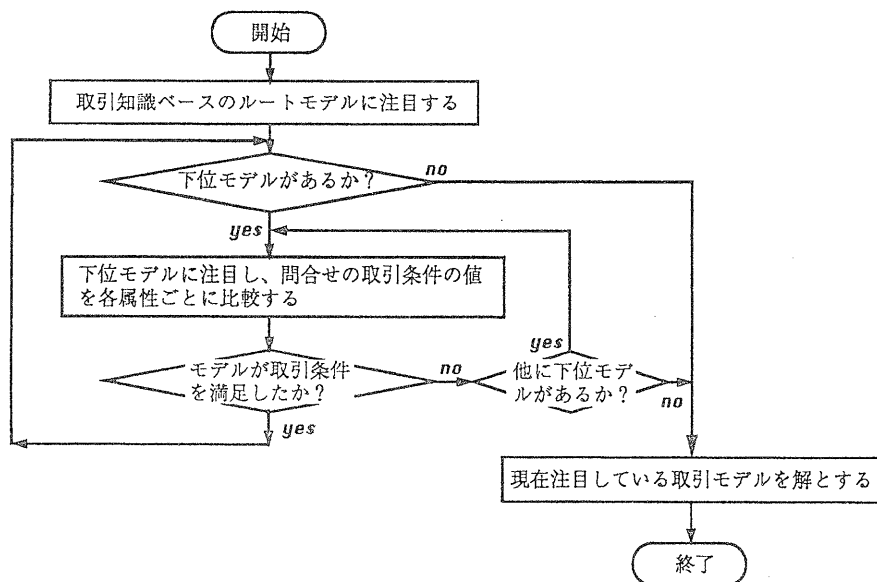


図 4: 取引モデル検索フロー

し、…」の例では、類似度の計算例は図5に示すようになる。

代替案提示機構により、相談者は問合せに対する解だけでなく、類似の問合せの解も参照でき、例えば「期間が1年以内ならば届出は不要ではなかったか」といった曖昧な記憶に基づく誤解を正すことが可能である。これにより、実務上の支援とともに、外為法教育という面でも効果が期待できる。

5 知識洗練機構

取引モデルは多くの近傍モデルを持つことで、より有効な代替案を示唆できる可能性が増大する。本システムでは、実際の間合せ事例を種にして、専門家の支援により新しい単語や取引モデルを知識ベースに追加し、知識ベースを洗練する機構を備えている。

単語獲得 相談者は、取引モデルの各属性に対する最適な単語の候補を、語彙知識ベースの中から選択することで取引条件の入力を行なうが、語彙知識ベース内に適当な単語がない場合でも、簡単に入力できる機能がある。

新単語追加の手続きは、各候補選択の際に新

単語 T_n をキーボードより入力する。その際、最も関連の深いと考えられる語彙知識ベース内の既存の単語 T_o を同時に指定する。このとき語彙知識ベースにおいて、 T_n は T_o の下に格納され、以降の間合せにおいて、 T_n は T_o の具体例として利用可能となる。

このようにして、法律の条文中に使われている単語の具体例を獲得することができ、具体例による間合せにも対処可能となっていく。

取引モデル獲得 為替取引をとりまく環境は日々変化するため、知識ベースの継続的な更新が不可欠である。本システムでは、システムの提示した回答が、現在の環境の下では不適切であると専門家が判断した場合に、即座に取引知識ベースを更新する機能を提供している。すなわち、問合せのあった取引条件と専門家の入力する現在の環境に適した正しい回答の組によって新しい取引モデルを生成し、不適切な回答を提示した取引モデルの下位モデルとして格納する。不適切な回答を示したといっても条件は満足しているので、新しいモデルはその特殊な場合であると考えて差し支えないのである。

例えば、「ある個人（居住者）が海外在住の

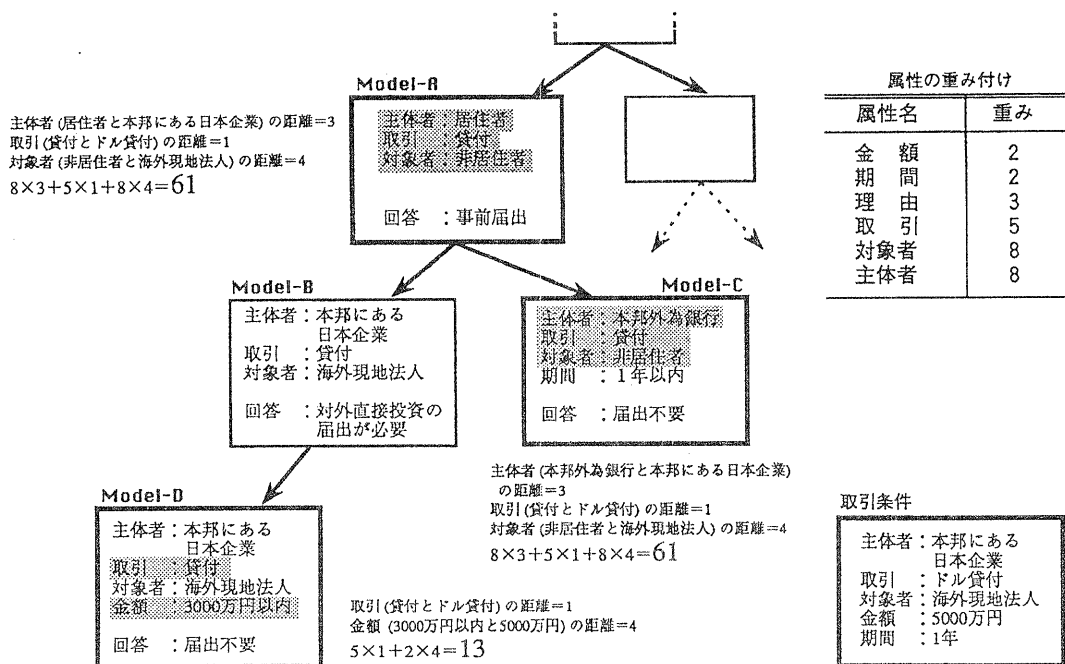


図 5: 類似度の計算例

親族に対してドル建て貸付をする。届出は必要か」という問合せを考える。この取引条件は、

主体者＝自然人居住者

対象者＝自然人非居住者 (主体者の親族)

取引＝貸付

で表現される。このとき図 2 の知識ベースによれば、Model-A が条件に該当し、「事前届出が必要です」という回答を得る。ここで専門家が「親族への貸付は届出不要」という知識を教えたい場合、上記の取引条件と専門家の入力する適切な回答によって、新たな取引モデルを生成し、Model-A の下位モデルとして取引知識ベースに格納する。新しい取引モデル格納後の知識ベースは図 6 のようになる。

知識洗練機構により、法律には明記されない運用上のヒューリスティックスも適宜獲得できる。また、格納された取引モデルは、すぐさま別の問合せに対して利用可能であるため、より豊富な代替案を提示できる。

6 プロトタイプシステム

外為法相談システムは、取引知識ベースとして約 30 の取引モデル、語彙知識ベースとして約 50 の単語を持っている。稼働マシンは NEC ワークステーション EWS4800/220 で、知識ベースおよび推論エンジン、知識洗練エンジンは Prolog によって記述されている。また、ウィンドウ・インターフェースは C 言語ベースの構築ツール「鼎」を利用している。

外為法相談システムの画面例を図 7 に示す。右下のウィンドウに回答、左下のウィンドウに代替案が示されている。図 8 は知識洗練中の画面であり、条件を入力し正しい回答を選択すると、新しい取引モデルが生成されて取引知識ベースに格納される。

7 考察

代替案提示機構を評価するため、10 の例題について、本システムの提示した代替案と、外為法

専門家の提示したものとを比較した。結果を表1に示す。全ての例題で合計すると、システムも専門家もどちらも25個の代替案を提示したが、そのうち20個は同一であり、5個が異なるものであった。この結果、専門家と同一の解がどれだけ提示できたかを示す「再現率」、専門家の解を正解とした時にどれだけ正解を提示できたかを示す「適合率」とも、80%という結果を得た。

ここで、適合率と再現率はトレードオフの関係にある。すなわち、適合率を上げる（専門家の出さないものは提示しないことを重視する）と必要な代替案までが出てこなくなり、再現率を上げる（専門家の出すものはもらさず提示することに力点を置く）と余分な代替案が増加してしまう。語彙間の距離の再定義や重みの付け直しで、ある程度の改善は見られるものの、これは汎用的な解決法ではない。本システムにおいては、相談者が必要なだけの情報を得るために、どちらの率を重視するかを相談者が選択できるようにした。

表 1: 代替案提示機構の評価

問合せ	専門家提示の代替案	システム提示の代替案	
		同じもの	違うもの
例 1	2	1	0
例 2	2	2	0
例 3	1	1	0
例 4	2	2	1
例 5	3	3	1
例 6	2	1	0
例 7	4	4	1
例 8	1	1	1
例 9	3	2	1
例 10	5	3	0
合計	25	20	5

知識洗練機構は、取引知識ベースを雑然としたものにしてしまう可能性がある。それは新しい取引モデルの生成が、システムに与えられた問合せ事例の詳細度に依存するためである。例えば、一般的な問合せ Q_1 と、これを詳細な点まで記述した問合せ Q_2 を用意する。どちらの問合せに対しても現在の取引知識ベースでは正しい回答が提示できないため、新たに取引モデルを生成する必

要がある。今、 Q_1 から生成される取引モデル M_1 と、 Q_2 により生成される取引モデル M_2 との間には、本来 M_2 が M_1 の下位モデルとなるべき関係がある。このとき、 Q_1, Q_2 の順に問合せが行なわれ、 M_1, M_2 の順に取引モデルが作られた場合は、正しくモデル間の上下関係が付けられる。ところが、はじめに Q_2 が問合せされて先に M_2 が作られた後に、 Q_1 に対する M_1 が作られると、 M_1 と M_2 は兄弟の関係になってしまい、本来のモデル間の関係が崩れてしまう。

取引知識ベースは、分類木のルートからのパスが長いものほどモデルの詳細度が増すように整理されている方が、法律との対比を行なう上で望ましい。一方、代替案を提示する上では、法律上での関連性のみに着目するだけでは不十分で、運用上の関連性あるいは専門家の考える独自のまとまりにおいて整理されている方が有効なことが多い。このため、本機構においては取引モデルの生成においては制限を設けず、むしろ後からモデルの修正、移動、削除を容易に行なえるようにした。取引モデルの修正、移動、削除は取引知識ベースのツリーエディタ上で行なうようにする構想があるが、現段階では実現されていない。

知識洗練に関連する他の研究として、Lebowitz の UNIMEM[4]、Fisher の COBWEB[5] などがある。これらは、他数の例から概念の階層をインクリメンタルに生成するシステムである。

特に UNIMEM を例にとると、UNIMEM は、ある概念に属した2つのインスタンスから共通の属性を抽出し、より詳細な概念を生成することで概念階層を形成していく。これに対し、本稿で提案した知識洗練機構は、問合せ事例を使ってより詳細な概念（解釈知識）を生成して概念階層を形成する点では似ているが、1つの事例に対する処理の不備から、今まで見落としていた属性を指摘して、決定的に異なる概念（例えば外為法では手続きが異なる取引など）に属する事例を切り分けるためのより詳細な概念を生成するという点で異なっている。

また、UNIMEM では概念の自動生成に主眼を置くのに対し、本機構では有用な補助情報提示

のための関連性に基づく知識整理に力点をおく点で異なっている。

8 おわりに

有用な補助情報を提示する代替案提示機構と、知識の獲得・修正を容易にする知識洗練機構について述べた。専門家の解釈をモデル化した知識表現を導入することで、情報の有用性を定量化することが可能となった。情報の有用性に基づき提示される代替案によって、相談者は解決すべき問題についての理解を深め、より望ましい解決策への手がかりを得ることができる。また知識洗練機構により、不適合な情報や看過していた情報を発見して、専門家のもつ個々の知識を相互に関連づけて整理することができる。

謝辞

外為法の専門的知識並びにシステムに対する有用なコメントをくださった、株式会社住友銀行事務総括部 宮内部長代理に感謝致します。また、本研究の機会を与えて下さった、日本電気(株)C&Cシステム研究所 山本所長、システム基礎研究部 吉村部長に感謝致します。

参考文献

- [1] 石崎, 森, 花岡, “エキスパートシステム構築技法”, オーム社, 1990.
- [2] “外国為替・貿易小六法(平成2年版)”, 中央出版企画, 1990.
- [3] “外国為替基礎講座”, 銀行研修社, 1990.
- [4] Lebowitz, M.: “Experiments with Incremental Concept Formation: UNIMEM”, *Machine Learning*, 2, 103-138, 1987.
- [5] Fisher, D.H.: “Knowledge Acquisition Via Incremental Conceptual Clustering”, *Machine Learning*, 2, 139-172, 1987.
- [6] 青山, 古関, 林原, “代替案示唆機構を備えた相談システム”, 人工知能学会第5回全国大会, Vol.2, 555-558, 1991.
- [7] Aoyama, N., Koseki, Y., Hayashibara, H.: “An Expert Consultation System with Alternative Suggestion and Knowledge Refinement”, *The World Congress on Expert Systems*, 1991 (to appear)