

国連売買条約におけるファジィ事例ベース推論システムの構築

廣田 薫, 吉野 一*, 徐 明強, 朱 岩, 李 曉毅, 堀江 大悟
東京工業大学大学院 総合理工学研究科 知能システム科学専攻

* 明治学院大学 法学部

Abstract

In legal case-based reasoning(CBR), there exist problems concerning fuzziness, e.g. related with representation of precedents, retrieval process and similarity measures. In our proposed fuzzy legal CBR system, the issues and features of precedent are characterized on the basis of the facts of precedent and statute rule. The case rule that is used for interpreting the court judgement, which can not be obtained from the statute rule directly, is made by experts. Fuzziness is represented by membership functions. Features and case rules, written in terms of Compound Predicate Formula (CPF) and frame, are stored in a case base. Cases similar to a new case are retrieved by issues and features, inference is made by case rules. A user interface is devised for this system. The system proposed here will be used for education of law, where the target law of the system is contract, especially as it relates to the United Nations Convention on Contracts for the International Sale of Goods (CISG).

Keywords: Fuzzy Theory, Case-Based Reasoning, Legal Expert System, CISG.

1 はじめに

法律は社会の中の様々な問題を表現し処理する。しかし、法律は限られた数の条文から成るために、そのままでは複雑な状況を個別にはっきりと説明することはできず、処理することもできない。そのゆえに、様々な現実の状況を処理するために、法律の

分野では事例に基づく推論(case-based reasoning: CBR)の適用が試みられてきた[10][12]。CBRは過去の問題の解決方法の過程を新しい事件(相談事例)の問題解決に適用するものである。新しい事件に類似した判例を適用することにより、新しい事件の結論を導くことができる。

法的条文には曖昧な概念が多い、例えば、国連売買条約CISG(United Nations Convention on Contracts for the International Sale of Goods: CISG)には、“申し入れが十分明確”、“実質変更”などがあり、法的CBRシステムにおける知識表現、判例検索、事例推論には曖昧さが伴うことが知られている。

ファジィ理論は既にCBRにも用いられている[3]。文献[3]ではCBRにおけるファジィ集合モデルが議論されている。

しかし、ファジィ理論が法律エキスパートシステムに用いられていた例はさほど多くない。文献[14]では、交通事故後の待機時間という曖昧な法的概念をファジィ推論で解決することが試みていた。

CBRによる法的推論の曖昧さを処理するために、本稿ではファジィ集合を用いる。ファジィ理論をCBRシステムの全ての過程に適用する。対象とする法律はCISG(United Nations Convention on Contracts for the International Sale of Goods: 国連売買条約)である。事例の表現では、ファジィ集合により曖昧さを記述する。判例検索と推論においては、ファジィマッチングを用いて、事例の類似度と推論結果を求める。

第2章で本システムの概要を説明し、第3章では判定知識ベースの構成について説明する。第4章でファジィ集合の類似性を、第5章では類似事例の検索法について、第6章で推論について述べ、第

7章で本システムの実験結果について述べる。

2 ファジィCBRシステムの概要

ファジィCBRシステムの構成を図1に示す。本システムは事例ベース、判例検索、推論、ユーザインタフェースの4つの部分からなる。

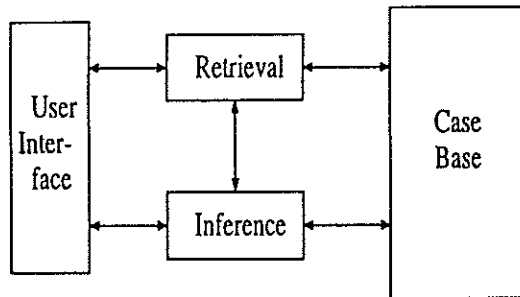


図1: ファジィCBRシステムの構成

事例ベースに格納された判例は、論点、事例特徴、事例ルールで表現される。判例はいくつかの論点を含んでいる。論点には曖昧概念とその法的な判断が記述されている。それぞれの論点は論争点と判決からなる。論争点は自然言語で表現され、判決は“Yes”あるいは“No”で表現される。

判例の条文や事実によって論点は特徴づけられ、判例の表面の特徴としてみなされる。判例の特徴は検索に役立つ。

法律の条文だけでは全ての事件を解決するには不十分であるため、法律の条文や判決を基にして、法律の専門家によって事例ルールが作成される。事例特徴と事例ルールはフレーム型知識表現で表現され、事例ベースに格納される。事例ルールを用いて相談事例が検索により抽出された判例と同じ結論を持つかどうかを推論する。

3 判例知識ベース

判例知識ベースは、一つの判例内に複数の論点が存在する判例を対象とし、各判例はさまざまな論点の集合という形で構成される。

3.1 判例知識ベースの構成

各判例を P_i で表現すると、判例知識ベース C は、各判例 $P_i (i=1, 2, \dots, n)$ の集合であるので、以下の

ように表す。

$$C = \{P_1, P_2, \dots, P_n\} \quad (1)$$

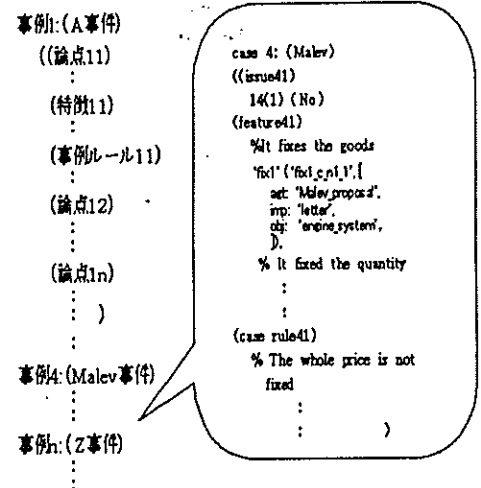


図2: 判例知識ベースの構成

CISGに関連する過去の判例を図2のように、判例知識ベースをCPF[16][17]で記述し判例知識ベースに格納する。これらの知識に基づいて、ファジィ事例検索、ファジィ事例推論を行う。

3.2 曖昧さを考慮した法的知識表現

法律エキスパートシステムで扱う情報には、様々な曖昧さが含まれていると考えられる。法概念、法文などの法的知識は本質的に曖昧を持つもので、2値論理に基づいた法的知識表現では足りないことは、多くの法学者の指摘でも明らかであるところである[8][9]。CISGに関する条文ルールの中にも、“十分明確”、“明瞭に”、“合理的”、“実質的変更”、“重大なもの”、“適切な方法”などの曖昧な用語が使われている。

曖昧な法的知識を表現するために、ファジィ論理の membership と vagueness の概念[4]をCPFに導入する。

m, v は述語が指示する事態または個体の適合性と不確実性を表し、 $m_i, v_i (i=1, 2, \dots, n)$ は事態または個体の内部構造を構成する格関係子の適合性と不確実性を表している。

membership 値、vagueness 値をいくつかの状態を表す言語値で与え、計算機上で処理するために

数値に変換する。membership と vagueness の状態数をそれぞれ5値、3値にし、言語変数で表現する [4][5]。

m, v と m_i, v_i ($i = 1, 2, \dots, n$) は $[0, 1]$ 区間の実数値である。 $m = 1.0, v = 0$ の時には, crisp な概念を表すので, 未記入の場合の default 値として処理する。

表1は、言語変数で表現された状態を数値に変換したものである。

表 1: Values of linguistic variables	
membership(m)	vagueness(v)
Completely No (CN) 0.0	Vague (V) 1.0
Probably No (PN) 0.25	Roughly (R) 0.5
More or Less (ML) 0.5	Clearly (C) 0.0
Probably Yes (PY) 0.75	
Completely Yes (CY) 1.0	

このように membership と vagueness を使ったことによって、次に述べるいくつかの利点がある。

1. 個々の法的知識の曖昧さを論理的根拠を持って客観的に表現することができる。
2. 曖昧さによってファジィ集合を形成するので、推論過程を明確化することによって、論理的、定量的に法的推論することができる。
3. 曖昧な法的知識を言語変数で表現するので、法感情に適し、裁判官の判決を適切に正当化することができる。

これらの利点に対して欠点として、membership と vagueness を追加することで知識の記述に手間がかかることがあげられる。これは、ユーザインタフェースの構築などを工夫することによって解決することができると思われる。

3.3 判例知識ベースからファジィフレーム型知識表現方法への自動変換

ファジィ法律エキスパートシステムでは、ファジィ事例検索、ファジィ事例推論過程で知識の不要な探索を排除し、高速化するため、ファジィフレーム表現を採用している。フレーム名は論点であり、フレームのスロットは特徴と事例ルールである。スロット値はそれに適したメンバーシップ値とベグネス値である。ファジィ事例推論では、知識をフ

レームで表現するが、このようなフレーム表現を数多くの先例に対して最初から誤りなく作成することは難しい。

一方、CPF を拡張した知識表現は、フレーム型知識表現とは違う表現方法なので、知識変換をしなければならない。

また、ファジィ事例推論にとって、CPF で記述された情報の全てが必要というわけではない。ある知識を利用するため多くの情報を記述することは機械処理にとって負担となるので、知識変換することによって、この問題を解決する。

変換手法は、知識表現形式の中に存在する m, v の値に応じて、行われる。

4 ファジィ集合の類似度判定

三角型メンバーシップ関数は曖昧さを表すメンバーシップ関数として用いられる。曖昧な知識を適切に表現するために、表1の m, v により、限定された言葉で曖昧な知識に当てはまる適用度を示すメンバーシップ値の広がりにおける下限 mL と上限 mH の値を以下の式で計算する。

$$mL = m - mv, \quad (2)$$

$$mH = m + (1 - m)v, \quad (3)$$

mL, mH による決定された三角型メンバーシップ関数 $\mu(x)$ は式(4)で表される。

$$\mu(x) = \left(\frac{x - mL}{m - mL} \wedge \frac{mH - x}{mH - m} \right) \vee 0 \quad (4)$$

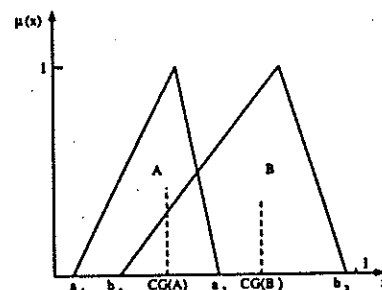


図 3: The Similarity of Fuzzy Sets

ファジィ集合を用いた類似度決定方法についてはいくつかの研究が報告されている [2]。文献 [2] で用いられるファジィ集合では、判断がクリスプ

な時にはシングルトンになったり、二つのファジィ集合が全く重ならないこともあるので、本論文では用いることができない。

そこで以下の新しい手法を提案する。ファジィ集合 A のメンバシップ関数を μ_A とする。 A の重心は次の式で計算される。

$$CG(A) = \frac{\int_{a_1}^{a_2} x \mu_A(x) dx}{\int_{a_1}^{a_2} \mu_A(x) dx} \quad (5)$$

二つのファジィ集合 A, B に対して (図 3), $|CG(A) - CG(B)|$ で計算される二つの三角型メンバシップ関数の重心の距離を類似度とする。類似関係の条件を満足するために、類似度 $S(A, B)$ は次の式で計算される。

$$S(A, B) = (1 - |CG(A) - CG(B)|) \quad (6)$$

5 2 段階ファジィ判例検索

法律特有の曖昧な情報を取り扱うために、ファジィ理論を用いて検索する判例の知識構成とそのフレームによる表現を提案した上で、CLOUT(<http://www.un.or.at/uncitral/clout/abstract/>) を用いて判例ベースを作成する。2 段階ファジィ判例検索システムを提案する。第一段階で入力された相談事例に関与する事例に絞り込み、第二段階で第一段階の結果のそれぞれに類似度を計算を行う。

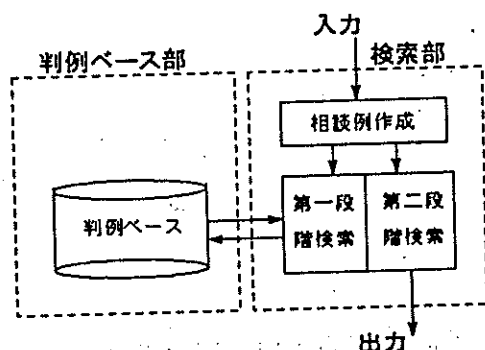


図 4: 2 段階ファジィ判例検索システムの構成

5.1 検索に用いる判例の知識構成とそのフレーム型での表現

判例検索では、判例ベース中の事例と入力される相談例との類似度を計算し、類似事例を抽出する。法律における判例検索では、文字列の一致ではなく、法的意味の類似という観点から、論点、及び論点における事実要旨の解釈、あるいは特徴などの内容の類似ということを考慮する。従って、判例検索のための知識構造は、判例の事実要旨から抽出した論点と特徴を含む必要がある。

そこで、ファジィ理論のファジィメンバシップ値とベイグネス値の概念を導入したフレーム型知識表現を用いて、法律事例に適した記述を行う。フレームは論点である。フレームのスロットは特徴である、例えば、“申し入れが十分明確” に対するスロットは物品を示している、数量及びその決定方法を規定している、代金及びその決定方法を規定している、部品の価格が決まる。スロット値はそれに適したメンバシップ値とベイグネス値。

5.2 フレーム型知識表現の類似度計算法

特徴に関する三角型メンバシップ関数を重心法を用いて非ファジィ化して、式 (5) で重心を求める。計算した重心に基づき、特徴の類似度を計算する。

1. 特徴に関する意味的な重心の距離の計算

例えば、相談例と判例はある特徴の重心がそれぞれ $g(c_p), g(c_r)$ だ、その重心の距離は、二つの三角型メンバシップ関数の重心差の絶対値であり、次の式で計算する。

$$d = |g(c_r) - g(c_p)| \quad (7)$$

2. 特徴の類似度の計算

類似度 s と重心の距離 d の関係は次の式で表す関係で表現する。

$$s = e^{-\beta d^2} \quad (8)$$

$$\beta > 0$$

この式の物理的意味は、二つの例の重心の距離 d により、類似度 s を決定することである。

3. 論点の類似度の計算

二つの例におけるある論点 I に関する類似度 s は、この論点に属する各特徴 ($1 \sim n$) の類似度 s_i の最小値を用いて決定する。

$$s = \min(s_1, s_2, \dots, s_i, \dots, s_n) \quad (9)$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

$$s_i \in [0, 1], n \in \mathbb{N}$$

ここで、 n は論点 I に関する特徴の数である。

以上の方法によって計算された類似度を用いて、論点を考慮した2段階ファジィ判例検索を行う。

5.3 2段階ファジィ検索システムの構築

2段階ファジィ検索は、入力された回答に基づいて、蓄積された事例との類似度を一つずつ計算し、メンバーシップ値で類似判断を行う。2段階ファジィ検索結果では、クリスプな情報ではなく、メンバーシップ値で計算した類似度と判例を出力する。大規模判例検索システムの構築に際して、ある論点に確実に関連している判例だけ、類似度を計算する必要がある。この論点に全く関連していない例まで一つずつ計算することを避けるために、2段階に分けて検索を行う。

第一段階では、大規模判例ベースから、予め作成されたインデックスに基づいて入力された論点に関する判例のみを検索し、抽出する。

2段階ファジィ判例検索システムにおける第一段階の抽出は、論点を抽出することである。これは一般的な全探索に相当するものである。

第二段階では、第一段階で抽出された判例に対して、5.2節で説明した方法を用いて、関連する判例だけのマッチング値を計算し、ある程度以上のマッチング値を示した事例を類似している事例として抽出する。

検索結果として、抽出された事例との類似度及び事例の内容文を出力する。

6 推論

類似事例検索後の次の段階として、検索された判例の結論が相談事例に対しても適用できるかど

うかの推論を行う。検索された判例の事例ルールが相談事例に対して用いられる。相談事例の結論は事例ルールの判断によって作成される。

事例ルールは専門家の解釈のとおり作成される。例えば、Malev 事件に対して、ハンガリーの最高裁では14条の(1)での代金が不明確であることを理由に、「申し入れが十分に明確ではない」と判決した。それによる分析は以下である。

まず、物品の全体価格を確認する。全体価格があれば、「申し入れが十分に明確である」と認められる。全体価格がなければ、物品には価格が決まった部品があるか否かを確認する。価格が決まった部品がなければ、「申し入れが十分に明確である」ではない。価格が決まった部品があれば、その部品の全体にとっての重要性を確定する。もしその部品が重要でないと、「申し入れが十分に明確である」ではない。もしその部品が重要であると、ほかの部分、すなわち、価格が決まっていない部品の市場価格はあるか否かを確認する(図5)。

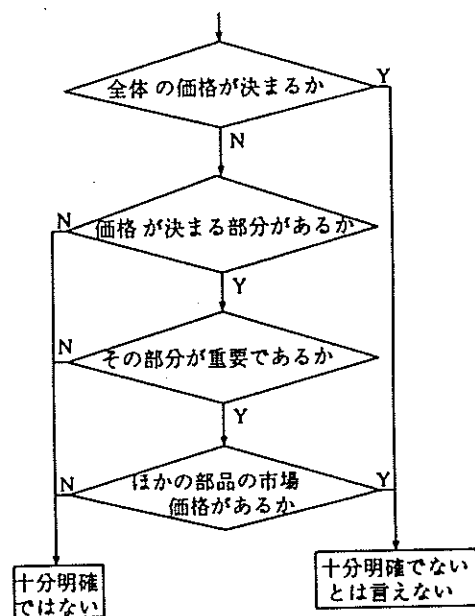


図5: 全体価格に関する事例ルール

事例ルール判断の中には曖昧さが含まれるので、その判断は、2章に示すようにファジィ集合で記述される。

よって、事例ルール判断の類似度がファジィ集合の類似度となる。論点についての事例ルールはフレーム型知識表現を用いて表す。判例と相談事例のフレームのスロット値は次のように記述できる。

判例: $P = \{P_i\}_{i=1}^n$,
 相談事例: $Q = \{Q_i\}_{i=1}^n$,
 P : 判例を表すフレーム,
 Q : 相談事例を表すフレーム,
 P_i : 判例を解釈してその事例ルールの各要件の
 判断結果を記述するファジィ集合,

Q_i : 相談事例を解釈してその事例ルールの各要件
 の判断結果を記述するファジィ集合,

n : フレームのスロットの数

P_i と Q_i のメンバーシップ関数はそれぞれ μ_{P_i} ,
 μ_{Q_i} , P_i と Q_i の重心を式 (3) で計算する.

$S(P_i, Q_i)$ は P_i と Q_i のどのくらい類似している
 かを表す尺度であり次のようにして計算される.

$$S(P_i, Q_i) = (1 - |CG(P_i) - CG(Q_i)|). \quad (10)$$

$S(P, Q)$ は P と Q との類似度であり以下の式
 で求められる.

$$S(P, Q) = \min(S(P_1, Q_1), \dots, S(P_n, Q_n)). \quad (11)$$

類似度 $S(P, Q)$ はしきい値と比較する. 類似度
 がしきい値より大きいと, 相談事例は検索された
 判例と同じ結論を持つ. しきい値より小さいと相
 談事例は判例と同じ結論を得ることができない. こ
 のことは判例と反対の結論が得られることを直ち
 に意味するものではない. 相談事例に対して結論
 をえるためには更に別の判例を検討すべきである.

7 実験

ここで用いる相談事例は我々の法律エキスパー
 トシステムのために法律の専門家によって作られ
 たものである.

以下は, 実験に相談例として用いた農業機械売
 買事件の要旨である.

1. 4月1日に, ニューヨークのAが日本商社B
 のハンプルク支店に対して申し込みの手紙を
 発信した. 手紙の内容はAがBに農業機械一
 式(但し, トラクターの代金は5万ドルであ
 り, これにC社のレーキを設定したもの)を
 売るというものであった. なお, 機械はアメ
 リカの貨物船で運ぶとある.

2. その手紙がBに届いたのは4月8日である.
3. 4月9日に, BはAに電話をかけて「申込みは
 承諾する, ただし機械は日本のコンテナ船で
 運ばれたし」と言った.

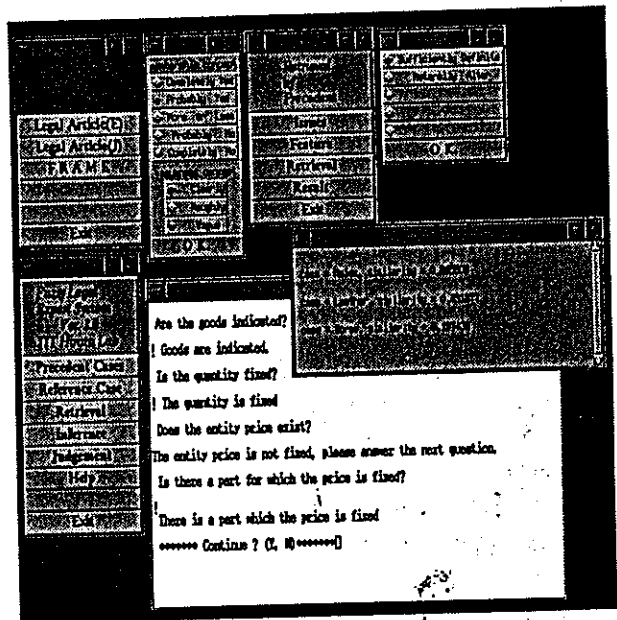


図 6: 判例の検索画面

このような相談事例に対して, 契約が成立した
 かどうかについてはいくつかの論争点が考えられ
 る. その中の一つとしてあげられるのがA社からの
 申し入れが効力を発していたかどうかという事だ
 ある. 「申し入れは十分明確」の時に申し入れはそ
 の効力を発生する.

農業機械売買の相談例では「申し入れは十分明
 確か」に関して, この事件を整理すると以下のよ
 うになる:

- 物品は農業機械である.
- 数量は一式である.
- 代金について:
 - 農業機械一式の価格がない
 - トラクターの価格は決まっている
 - 農業機械一式はレーキを含む

この相談事例に類似した事例が判例ベースの中
 から検索される.

表 2: 実験事例の一覧

case1	試験管の売買例 (略称: 試験管事件)
case2	螺の売買例 (略称: 螺事件)
case3	毛皮の売買例 (略称: 毛皮事件)
case4	エンジンシステムの売買例 (略称: Malev 事件)
case5	乗用車の売買例 (略称: 乗用車事件)
case6	靴の売買例 (略称: 靴事件)
case7	タイルの売買例 (略称: タイル事件)
case8	電子部品の売買例 (略称: 電子部品事件)

実験のために判例ベースの中に8つの判例(表2)を用意する。ここで示す8つの判例は全て契約の形態に関するものであり、CLOUT に示されたものである。

判例の内容は「判例ベース」メニューのボタンをマウスでクリックすることにより、確認することができる。すべての事件はCPFで記述した後、フレームに変換して記述される。フレームのスロット値にはメンバシップ値が記述される。判例に適用されたCISGの条文や判決などは論点としてインデックスに付け加えられる。

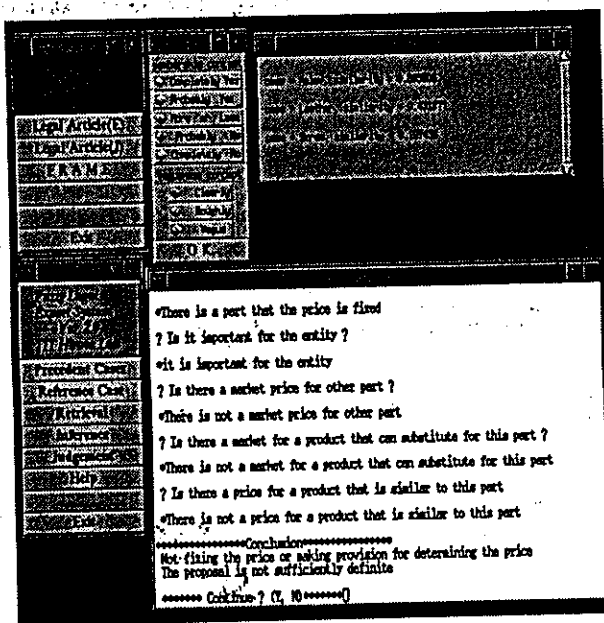


図 7: 事例ルールに基づく推論画面

農業機械事件を相談事例とする、この事件において、被告と原告との間の論議は申し入れに伴う問題の形態として考えられる。判例検索の手続き

は、2段階に分けることができる。

第一段階では判例ベースから、予め作成されたインデックスに基づいて入力された論点、つまりここではCISG第14条に関する判例のみを検索し、抽出する。この結果ここでは第一段階ではcase2, case3, case4の判例のみが検索される。

第二段階では第5章で述べた方法で第一段階で抽出された判例に対してのみ類似度が計算される。ここでは、相談事例とcase2, case3, case4との類似度がウィンドウ上に表示される。Malev事件がもっとも相談事例と類似している(図6参照)。

Malev事件の事例ルールの判断がユーザによって決められる。

相談事例の事実に関して、ユーザは事例ルールの要件に答えるために、ファジィ言語変数の中から適切なものを選択する(図7参照)。そのユーザの答えを基に推論ウィンドウに推論の内容が表示される。

ユーザの入力にともない推論結果は当然変化する。これはユーザが入力の変化によって、つまり相談事例の各要件の変化によって結果がどの様になるかを知るのに役立つ。さらに、CISGの理解や判例と相談事例の意味の理解にも役立つ。

8 おわりに

CISGを対象とするファジィ理論を用いた法律CBRシステムで法的な曖昧さの処理を実現した。判例ベースに格納される判例は論点、特徴、そして事例ルールで構成される。判例の論点および特徴は判例の事実と法律の条文によって特徴づけられる。判決の解釈に用いられる事例ルールは法律の専門家によって作成されたものである。法的な事例に基づく推論で扱われる曖昧さはファジィメンバシップ関数によって表現される。判例ベースの中に格納された特徴と事例ルールはファジィフレーム型表現を用いる。相談事例と類似した判例は論点と事例の特徴によって検索され、事例ルールを用いて推論が行われる。本稿で提案したシステムは法律の教育を想定して構築されたものであり、ユーザインタフェース部は計算機に不慣れなユーザを想定して開発を行った。

本システムの判例ベースは小規模のものである

ので、判例ベースの拡大が今後の課題となる。

参考文献

- [1] Agnar Aamodt: Case-based Reasoning ; Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches, Artificial Intelligence Communications, Vol.7, No.1, pp.10-15, 1995
- [2] Shyi-Ming Chen, Ming-Shiow Yeh, Pei-Yung Hsiao: A Comparison of Similarity Measures of Fuzzy Values, Fuzzy sets and Systems, Vol.72, pp.79-89, 1995
- [3] Didier Dubois et al, "Fuzzy set-based models in case-based reasoning", Proc. of IC-CBR'97, 1997
- [4] K. Hirota, Extended Fuzzy Expression of Probabilistic Sets, Advances in Fuzzy Set Theory and Applications, M.M.Gupta et al.eds, North-Holland, pp.201-214, 1979
- [5] 廣田 薫, 吉野 一, 今村 裕, 栗栖 啓光, 法律エキスパートシステムにおける知識表現と推論機構の一提案, 計測自動制御学会第19回知識工学シンポジウム論文集, pp.61-66, 1994
- [6] 廣田 薫, 吉野 一, 今村 裕, 栗栖 啓光, ファジ理論の法律エキスパートシステムへの応用, 第10回ファジシステムシンポジウム講演論文集, pp.531-534, 1994
- [7] 廣田 薫, 渡辺 彰彦, ファジフレーム型知識表現とフレーム型ファジ推論, 第3回ファジシステムシンポジウム講演論文集, pp.211-216, 1987
- [8] 廣田 薫, 吉野 一, 徐 明強, 堀江 大悟, 李 曉毅, 国連売買条約における事例の曖昧さの表現と推論, 法律エキスパートシステムの開発研究成果報告書, pp.170-177, 1997
- [9] 宇佐美 佐保子, 向殿 政男, ファジ理論の曖昧な法概念への適用の試み—ドイツ刑法第142条第2項を例にして—, 日本ファジ学会誌, No.1, Vol.6, pp.61-73, 1994
- [10] Janet Kolodner: Case based Reasoning, pp.346-352, Morgan Kaufmann, 1993
- [11] Edwina L. Rissland, Kevin D. Ashley: A Case-Based System for Trade Secretes Law, Proc. of ICALL'87, pp.60-65, 1987
- [12] Keon Myung Lee, Kwang Hyung Lee: Fuzzy Information Processing For Expert Systems, Vol.3, No.1, pp.93-109, 1995
- [13] Katsumi Nitta: HELIC — II: A Legal Reasoning on the Parallel Inference Machine, Proceedings of the International Conference on the Fifth Generation Computer Systems, pp.1115-1124, 1992
- [14] Lothar Philipps, Vague Legal Concepts and Fuzzy Logic: An Attempt to Determine the Required Period of Waiting After Accidents, Sommario Seminar Proceedings, pp.37-52, 1992
- [15] MingQiang Xu, K.Hirota, H.Yoshino, "A Fuzzy Theoretical Approach to Representation and Inference of Cases in CISG", Artificial Intelligence and Law To Appear, 1998
- [16] 吉野 一, 法律エキスパートシステムの開発研究成果報告書, pp.351-354, 1995
- [17] Hajime Yoshino, On the Logical Foundations of Compound Predicate Formula for Legal Knowledge Representation, Artificial Intelligence and Law 5, Netherlands, pp.77-96, 1997