

電子フォーム自動記入エージェントの実現方式と評価

南谷 圭持** 中所 武司

明治大学大学院理工学研究科基礎理工学専攻情報科学系

本稿では、アプリケーションフレームワークおよびソフトウェアエージェントの構成法に関する研究の一環として、各種の申請書を電子化した電子フォームへの入力作業を代行するエージェントの実現方式と有用性を述べる。本エージェントでは、ユーザが入力時に利用している情報を電子フォームから取得することにより、従来の自動記入システムよりも、エージェントの平均記入達成率が50%増加する。さらに、エージェントは、2種類の知識表現モデルを用いた自己学習により、多くのルールを自動獲得することができる。また、エージェントの推論機能には、事例に基づく推論方式と属性に基づく推論方式を適用することにより、前者だけでは入力できない記入欄176件中113件の記入欄への入力が可能になった。

Development and Evaluation of the Agent to Fill in an Electronic Application Form

Keiji MINAMITANI and Takeshi CHUSHO

Computer Science Course, Major in Sciences,

Graduate School of Science and Technology, Meiji University

This paper describes a construction method of software agent which fills in an electronic application form for end-users. From an electronic form, this agent acquires the information which the end-user uses at the time of filling in a form. Then, the agent's average of task_achievement_rate increases by 50% from the conventional system by the acquisition information. The agent's knowledge is described by two kinds of knowledge representation for self-learning, and then the agent is able to acquire a lot of rules. Moreover, the reasoning systems based on both the case and the attributes of the case are applied to the agent. The latter reasoning system succeeded in filling in 113 columns among 176 columns which the former system could not fill in.

1 はじめに

近年、パソコンやインターネットの普及といった情報化社会の進展によるエンドユーザの急増に伴い、エンドユーザ自らがアプリケーション開発を行う必要性が高まっている。そこで本研究では、すべての日常的な仕事はコンピュータが代行すべきであるという観点から、「エンドユーザが自らのエージェントを自ら作り、自ら利用するツール(IC: Intelligent Clone)」の実現を目指している[1][2]。その実現には、エンドユーザが、自らの

知識を容易に伝えることができ、エージェントの知識として構築していく手法が必要である。

本稿では、エンドユーザが自らの知識を教えることで仕事の効率を上げていくエージェントの1つとして、各種の申請書を電子化した電子フォームへの入力作業を代行する自動記入エージェントの実現方式を述べ、その有用性を示す。インターネットによる各種のオンラインシステムの多くは、電子フォームを用いてエンドユーザの個人情報を取得する。このような電子フォームに対して、エンドユーザは同じ個人情報を何度も入力しなければならない。この入力作業を支援する自動記入機能がいくつか実現さ

** 2002年4月から株式会社日立製作所勤務

れているが、実際には自動記入できるフォームが限られていたり、間違った内容を入力するなどの問題がある [3] [4]。本稿では、これらの問題を解決し、正確に入力作業を行うことを目的とした自動記入エージェントの実現方式を述べ、適用実験によってその有用性を示す。

2 エージェントの定義

本研究ではエージェントを次のように定義する。

「推論能力・学習能力・コミュニケーション能力を用いて、能動的に動作するソフトウェア」

推論能力とは、自らの知識・学習能力・コミュニケーション能力を利用して、与えられた問題の解決にむけて処理を遂行する能力である。学習能力とは、ユーザによる受動的な学習とエージェント自らによる能動的な学習によって、問題解決に必要な知識を獲得する能力である。コミュニケーション能力とは、エンドユーザと情報交換を行う能力である。問題を解決できない場合には、エージェント自らがコミュニケーション機能を利用して、問題解決に必要な情報をユーザから獲得する。

3 自動記入エージェント

3.1 概要

自動記入エージェントとは、各種の申請書を電子化した電子フォームに、ユーザの個人情報を入力するエージェントである。さらに、自動記入エージェントは以下の2つの動作を実現する。

■電子フォーム入力作業を遂行する

自動記入エージェントは、個人情報を入力すべきすべての記入欄に対して入力作業を遂行する。自動記入エージェントは、エージェントの定義で述べた推論能力を用いて、電子フォームにユーザの個人情報を入力する。推論能力とは、自らの知識と学習能力とコミュニケーション能力を利用して、問題解決にむけて処理を遂行する能力である。既存の自動記入システムは、入力できない記入欄に対して何も処理することなくシステムを終了するが、自動記入エージェントは、その推論能力によって、入力できない記入欄に対応できる知識をユーザから獲得し、個人情報を入力する。

■ユーザの教育によって賢くなる

ユーザの教育と、それをもとにしたエージェント自らの学習によって、自動記入エージェントは電子フォーム入力作業の効率を上げていく。自動記入エージェントは、エージェントの定義で述べたコミュニケーション能力を用いて、ユーザから入力作業に必要な情報を獲得し、その情報を知識としてルールベースに蓄積する。つまり、自動記入エージェントは、ユーザからの教育による受動的な学習を実現する。また、自動記入エージェントは、エージェントの定義で述べた学習能力によって、ユーザから獲得した知識またはエージェントがすでに持っている知識から新しい知識を自動的に獲得するという、能動的な学習をも実現する。

3.2 自動記入エージェントモデル

自動記入エージェントモデルを図1に示す。自動記入エージェントを取り巻く環境（外部環境）には、電子フォームとエージェントの所有者であるユーザが存在する。内部構造は以下の5つの要素で構成される。

■コミュニケーション機能 ユーザとの情報交換を実現する。自動記入エージェントがユーザから取得する情報は、自動記入開始の合図や自動記入に必要な情報である。自動記入開始の合図は、知覚センサに通知される。また、自動記入に必要な情報は、推論機能からの指示で開始されるユーザとのコミュニケーションによって取得される。このとき取得した情報は、学習機能に渡される。

■知覚センサ 知識センサは、自動記入に必要な情報を電子フォームから取得する。そして、取得した情報をワーキングメモリに格納する。

■知識ベース 知識ベースはワーキングメモリとルールベースで構成される。ワーキングメモリは、知覚センサが取得した情報を格納するデータベースである。ルールベースは、電子フォームに個人情報を入力するための知識を蓄積するデータベースである。

■推論機能 推論機能は、ワーキングメモリとルールベースを利用して、入力内容を決定する。入力内容を決定できない場合や、誤った内容を入

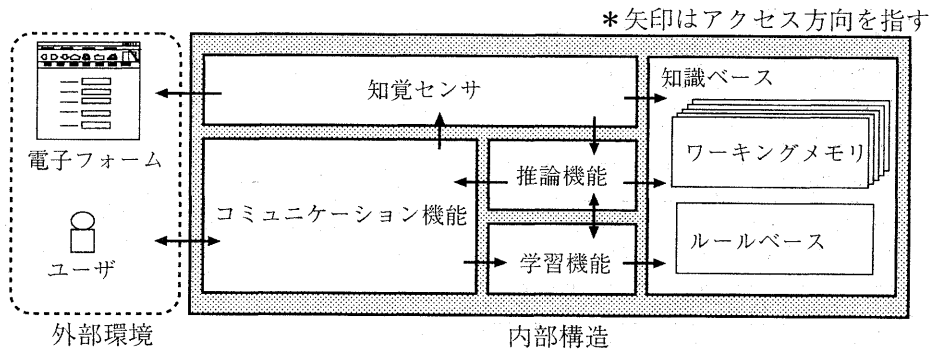


図 1: 自動記入エージェントモデル

力してしまった場合、学習機能やコミュニケーション機能を利用して、入力内容を決定する。

- 学習機能** 学習機能は、推論機能の推論結果やコミュニケーション機能が取得した情報から、新しいルールを生成してルールベースに格納する。さらに、生成したルールをもとに新しい知識を自動的に獲得する。

4 ワーキングメモリ実現方式

ワーキングメモリは、知識センサが電子フォームから取得した情報を格納するデータベースであり、記入欄への入力内容を決定するために利用される。ここでは、知識センサが取得する情報と、ワーキングメモリのデータ構造について述べる。

4.1 知覚センサの取得情報

ユーザは個人情報を入力するとき、電子フォームの特定の場所にある特定の情報を利用する。電子フォーム上にある文字情報や記入欄などのすべての情報を利用するわけではない。たとえば、図2の記入欄A、B、Cに入力する場合、ユーザは、upSide, leftSide, rightSide, downSide の範囲にある情報を利用する。

このことから、ユーザは電子フォーム入力作業において、記入対象とした記入欄の上下左右にある以下の3つの情報を利用していることが推測できる。

- 「名前」「勤務先」などのキーワード
- 「Textfield」などの記入欄の種類名
- キーワードと記入欄のレイアウト情報

そこで本研究では、記入対象とした記入欄の上下左右にある上記3つの情報を、知識センサの取得情報とした。たとえば、図2-(a)の記入欄Aに入力す

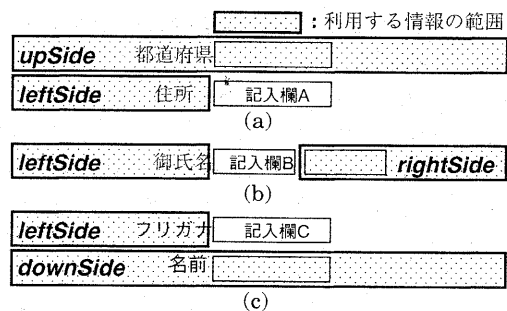


図 2: ユーザが入力作業に利用する情報の範囲

る場合は「都道府県」、「Textfield」、「住所」を取得し、図2-(b)の記入欄Bに入力する場合は「氏名」と「Textfield」を取得する。また、図2-(c)の記入欄Cに入力する場合は、「フリガナ」と「名前」と「Textfield」を取得する。

4.2 ワーキングメモリのデータ構造

知識センサの取得情報は、入力する記入欄ごとに取得され、個別のワーキングメモリに格納される。したがって、自動記入エージェントが入力する記入欄とワーキングメモリの間には、1 記入対象 1 ワーキングメモリという関係が成り立つ。

このことから、ワーキングメモリのデータ構造は、表1のようになる。表1では図2-(a)の記入欄Aを記入対象とした場合に、知識センサが取得するワーキングメモリを示す。各属性は配列構造になっており、知識センサが情報を取得する上下左右の範囲に対応している。また、1つの属性に複数の値が存在する場合、「キーワードと記入欄のレイアウト情報」を保存するため、左から見て電子フォームに出現した順に格納する。表1の upSide 属性がその例である。

属性	値
upSide	都道府県, Textfield
leftSide	住所
rightSide	
downSide	

表 1: ワーキングメモリのデータ構造 (記入対象: 図 2-(a) の記入欄 A の場合)

	従来方式	提案方式
記入成功数/記入対象数	596 件 / 1914 件	1657 件 / 1914 件
平均記入達成率	40 %	90 %

表 2: 実験 I の結果: 従来方式と提案方式の平均記入達成率

4.3 実験 I: 知識センサの取得情報の有用性評価

4.3.1 方法

ここでは、入力する記入欄の上下左右の情報から、どの程度正確に入力内容を決定できるかを調査する。知識センサの取得情報を格納したワーキングメモリを用いた入力作業 (以下、提案方式) と、既存の自動記入システムによる入力作業 (以下、従来方式) を行い、両者の記入達成率を比較する。

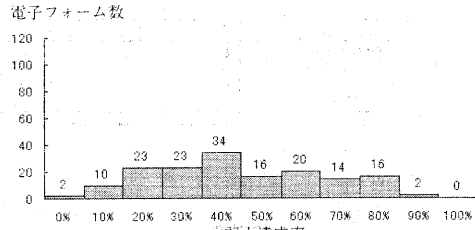
記入達成率とは、個人情報を入力すべき記入欄数 (以下、記入対象数) に対する、正確に入力できた記入欄数 (以下、記入成功数) の比率であり、電子フォームごとに求める。その計算式を以下に示す。

記入達成率 = 記入成功数 / 記入対象数

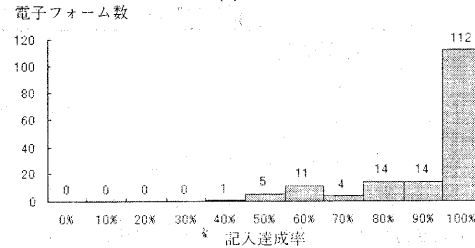
ここでは、汎用的で、不特定の電子フォームに利用できる、Internet Explorer 5 Mac 版 [5] (以下、IE) を既存システムとして適用した。また、記入対象は、電子フォーム 160 件中のユーザの個人情報を入力すべき記入欄 1914 件とする。ここでいう記入欄とは、テキストフィールド、テキストエリア、ラジオボタン、セレクトメニューを指す。

4.3.2 結果

実験の結果を図 3 に示す。さらに、実験結果より算出された記入成功数、平均記入達成率を表 2 に示す。提案方式は 1914 件中 1657 件の記入欄への入力に成功し、その記入達成率は平均 90 % であった。従来方式の平均記入達成率は 40 % であるのに対し、提案方式の平均記入達成率は 50 % も増加している。また、図 3 より、従来方式では記入達成率が 100 % になる電子フォームが 0 件であったが、提案方式では 160 件中 112 件の電子フォームに 100 % 正確に記入できることがわかる。以上のことが



(a) 従来方式



(b) 提案方式

図 3: 実験 I の結果: 記入達成率別電子フォーム数

ら、知識センサの取得情報は、個人情報決定する情報として有用であると言える。

5 知識表現モデル実現方式

5.1 ユーザが利用する知識表現モデル

自動記入エージェントの「ユーザの教育によって賢くなる」という動作を実現するには、ユーザが自らの知識をエージェントに教えるときに利用する、知識表現モデルが必要である。人間は、頭の中の形のない知識を、言語・ジェスチャー・図によって表現し、知識の伝達を行う。人間が形のない知識をコンピュータに入力し、コンピュータがその知識を利用するためには、知識を記述する枠組みである知識表現モデルを定める必要がある [6]。

本研究では、自動記入エージェントには、「ユーザが知識を記述し、エージェントに教える」という観点から、ユーザにとってわかりやすく、ユーザによる知識の獲得が容易な知識表現モデルが必要である。そこで、ルールベースシステムで利用されている理解容易な IF-THEN 形式ルールと、事例ベース推論 [7] [8] で利用されている知識獲得が容易な事例を利用する。つまりユーザは、下記の Case ルールを用いて、自動記入エージェントに自らの知識を伝える。

IF 事例 THEN Action

本研究では、取得したワーキングメモリを「事例」として利用する。したがって、自動記入エージェントは、「入力する記入欄に対応するワーキングメモリ」と「Case ルールの事例」とのパターンマッチングによって、入力内容を決定する。「Action」には、個人情報を記述し、事例がマッチしたときに、「Action」に記述した個人情報を記入欄に入力する、

5.2 エージェント内部の知識表現モデル

本研究では、エージェントの定義で述べた自動記入エージェントの能動的な学習を実現するために、ユーザがエージェントに教える Case ルールを、エージェント内部では **Abstract** ルールに変換する。Abstract ルールとは、Case ルールの事例の一部であるキーワードを、キーワードが属するグループ名に置き換えたものである（以下、知識表現モデル変換）。変換の例を図 4 に示す。つまり、エージェント内部において、Case ルールは

IF AbstractCase THEN Action

に変換され、自動記入エージェントは Abstract ルールを利用して入力内容を決定する。これによって自動記入エージェントは、ユーザから教えられた Case ルールをもとに、新しい Case ルールを自動的に獲得できるようになる。たとえば、ユーザが、

IF 図 4-Case (名前) THEN 明治 太郎

というルールを教えた場合、エージェントは、

IF 図 4-AbstractCase THEN 明治 太郎

というルールをルールベースに蓄積する。このルールによって自動記入エージェントは、図 4-Case (名前) だけでなく、図 4-Case (氏名) への入力も可能になる。つまり、自動記入エージェントは、ユーザの視点において、

IF 図 4-Case (氏名) THEN 明治 太郎

という Case ルールを自動獲得したと言える。

5.3 実験 II：知識表現モデル変換の適用評価

5.3.1 方法

ここでは、知識表現モデル変換の有用性を評価するため、知識表現モデル変換によって、実際にどの程度の事例に対応できるようになるのかを調査する。

記入対象への入力を実現する Case ルールを取得するプログラム（プロトタイプ C）と、Abstract ルールを取得するプログラム（プロトタイプ A）から、「取得したルール数」「対応できる事例数」を

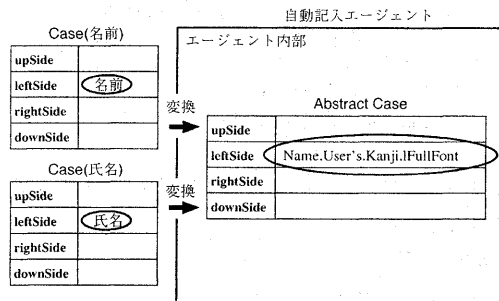


図 4: 事例の変換

評価項目	プロトタイプ C	プロトタイプ A
取得したルール数	257 個	240 個
対応できる事例数	257 件	217,404 件
自動獲得した Case ルール数	0 個	217,164 個

表 3: 実験 II の結果：知識表現モデルの変換によって自動獲得した Case ルールの数

測定する。記入対象は、実験 I と同じ電子フォーム 160 件から抽出した、ユーザ名を入力すべき記入欄 293 件とした。

5.3.2 結果

表 3 に実験の結果を示す。プロトタイプ C の「取得したルール数」は 257 個、プロトタイプ A の「取得したルール数」は 240 個であった。プロトタイプ C の場合、その方式上、取得した 257 個の CASE ルールがそのまま「対応できる事例数」になり、自動獲得するルールはない。一方、プロトタイプ A の場合は、取得した Abstract ルール数は 240 個であるが、CASE ルールに換算すると 217,404 個に相当し、この数が「対応できる事例数」になる。したがって、プロトタイプ A では、217,164 個の CASE ルールを自動獲得したことになり、モデル変換により多くの事例に対応できるようになったことがわかる。

5.4 実験 III：自動獲得した知識の適用評価

5.4.1 方法

ここでは、実験 II で自動獲得した Case ルールの有用性を調査するため、Case ルールを用いて入力内容を出力するプログラム（プロトタイプ C'）と、Abstract ルールを用いて入力内容を出力するプログラム（プロトタイプ A'）を用いて、入力内容を正しく入力できる記入欄の数（自動記入成功数）を比較する。プロトタイプが決定した入力内容の正当性は、予め用意した模範解答をもとにチェックする。また、記入対象は、実験 II とは異なる電子フォーム

	プロトタイプ C'	プロトタイプ A'
自動記入成功数	43 件 / 239 件	63 件 / 239 件
自動記入失敗数	196 件 / 239 件	176 件 / 239 件

表 4: 実験 III の結果: プロトタイプ別自動記入成功数と自動記入失敗数

139 件から抽出した、ユーザ名を入力すべき記入欄 239 件とする。

5.4.2 結果

実験結果を表 4 に示す。

プロトタイプ C' の自動記入成功数は、記入対象 239 件中 43 件であった。プロトタイプ A' の自動記入成功数は、記入対象 239 件中 63 件であった。自動獲得した Case ルールによって、プロトタイプ A' は、新しく 20 件の記入欄に対して、入力できるようになっている。このことから、自動獲得した Case ルールの有用性を確認できる。

6 属性オブジェクトに基づく推論方式

プロトタイプ A' は多くの知識を自動獲得できるが、獲得した知識を有効に利用することができない。プロトタイプ A' の推論方式は、事例という事実に基づいた推論方式である。そのため、プロトタイプ A' は、ワーキングメモリとルールの条件部がどんなに類似していても、完全に一致しなければルールを適用しない。たとえば、図 5 の事例 A と事例 B は、rightSide に「全角」があるかないかの類似する事例であるが、事例 A を条件部にもつルール（以下、ルール A）で、事例 B に対応する入力内容を決定することはできない。ユーザは、事例 B を条件部にもつルールを、自動記入エージェントに教える必要がある。

そこで本研究では、事例という事実に基づく推論方式と自動記入エージェントがすでに持っているルールを利用して入力内容を決定する推論方式を、自動記入エージェントの推論機能として実現した。ここでは、後者の実現方を述べる。

6.1 属性オブジェクトの性質

事例オブジェクトは、属性オブジェクトの組合せによって、生成できる。電子フォームを 1 オブジェクトと考えた場合、電子フォームは複数の記入欄から抽出される事例オブジェクトから構成される。さらに事例オブジェクトは、upSide・leftSide・rightSide・downSide の 4 つの属性オブジェクトから構成される。したがって、事例オブジェクト

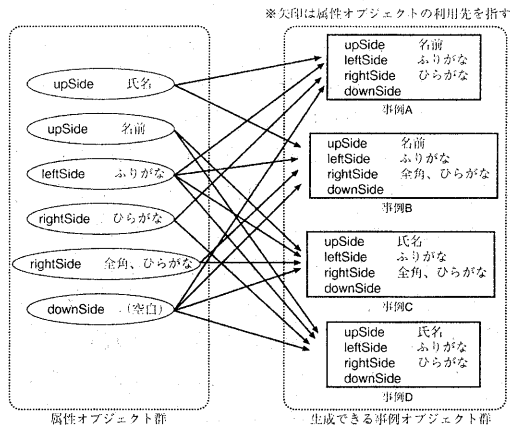


図 5: 属性オブジェクトによる事例オブジェクトの生成

は、属性オブジェクトの組合せによって生成できる。たとえば図 5 のように、2 種類の upSide オブジェクト、1 種類の leftSide オブジェクト、2 種類の rightSide オブジェクト、1 種類の downSide オブジェクトがある場合、それぞれの組合せによって 4 つの事例オブジェクトが生成できる。

このことから属性オブジェクトを推論に利用すれば、エージェントがすでに持っているルールを応用して、新しい事例に対する入力内容を決定できると考える。実際に、ワーキングメモリの属性オブジェクトと、ルール条件部の属性オブジェクトの照合処理を行ってみたところ、upSide, leftSide, rightSide, downSide の 4 つの属性オブジェクトには、それぞれ以下のような性質があることがわかった。ここで照合したワーキングメモリとルールとは、実験 III でプロトタイプ A' が入力に失敗した記入欄に対応する 176 件のワーキングメモリと、プロトタイプ A' が持つ 240 個のルールである。

■ upSide・leftSide・rightSide オブジェクトの性質

- 特定の種類のオブジェクトを集中的に利用している。

たとえば、upSide オブジェクトの場合、図 6 に示す識別番号 1~5 のオブジェクトが、ワーキングメモリとルール条件部の upSide オブジェクトとして、頻繁に利用されていることがわかる。

- 照合したワーキングメモリ全体の 80 % 以上が、ルールとマッチする。

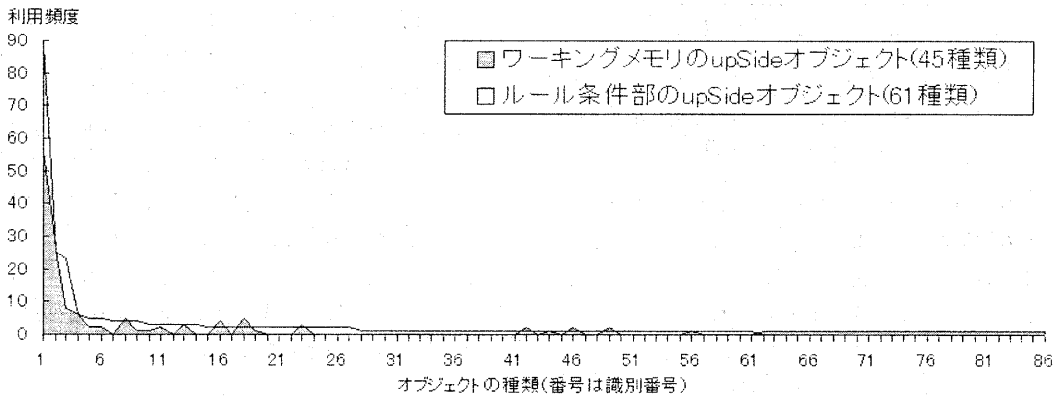


図 6: upSide オブジェクトの種類と利用頻度

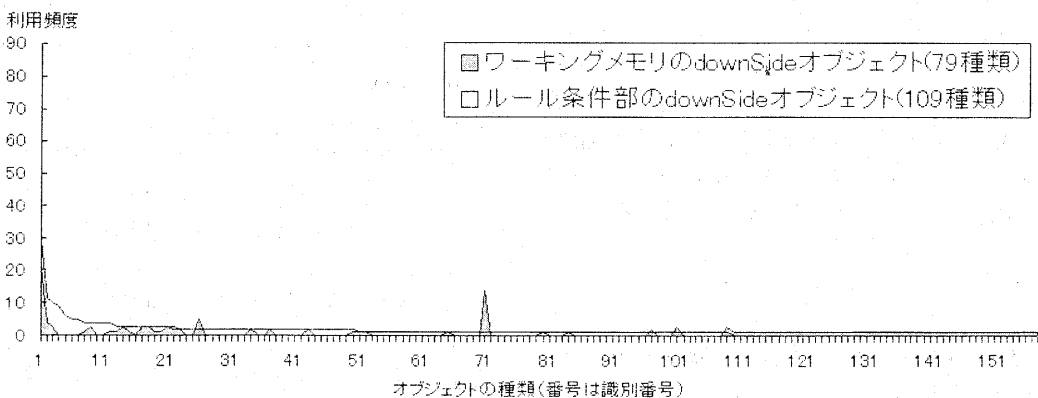


図 7: downSide オブジェクトの種類と利用頻度

図 6 より、ワーキングメモリの upSide オブジェクトのほとんどが、ルール条件部の upSide オブジェクトとしても利用されていることがわかる。

■ downSide オブジェクトの性質

- 多種類のオブジェクトを分散的に利用している。
図 7 より、105 種類ものオブジェクトがルール条件部の downSide オブジェクトとして、分散的に利用されていることがわかる。
- 照合したワーキングメモリ全体の 54 % が、ルールとマッチする。

図 6、図 7 は、ルール条件部の upSide オブジェクトまたは downSide オブジェクトとして利用頻度の高

いオブジェクトを、左から順に並べたものである。

以上のような性質から、ワーキングメモリは、各属性オブジェクトを個別に照合することによって、多くのルールとマッチすることが確認できる。そこで、本研究では、属性オブジェクトを用いて記入欄への入力内容を決定する推論方式を提案する。

6.2 競合解消方法

ワーキングメモリは、4 つの属性オブジェクトを個別に照合することによって、複数のルールとマッチする。したがって、提案する推論方式には、複数の入力候補の中から入力内容を決定する競合解消が必要である。

そこで、マッチしたルールの Action 部の個人情報を入力候補として取得し、確信度が最大である入力候補を、記入欄への入力内容とする。確信度とは、各入力候補の正しい入力内容になる確率であり、属性 (i) $\{i = 1, 2, 3, 4\}$ の照合処理における各

	提案した推論方式
自動記入成功数	113 件 / 176 件
自動記入失敗数	63 件 / 176 件

表 5: 実験 V の結果: 提案した推論方式による入力作業の成功数と失敗数

入力候補の出現率を用いて算出される。たとえば、入力候補が M 種類である場合、属性 (i) の照合処理における入力候補 (j) $\{j = 1, 2, \dots, M\}$ の出現率は、以下の式で表すことができる。

$$O_{ij} = \frac{n_{ij}}{\sum_{k=1}^M n_{ik}}$$

$\sum_{k=1}^M n_{ik}$ は、属性 (i) の照合処理でマッチしたルール数である。また、 n_{ij} は、属性 (i) の照合処理でマッチしたルールのうち、入力候補 (j) を Action 部に記述しているルール数である。提案する推論方式は、この出現率 O_{ij} を利用して入力候補 (j) の確信度を以下の式で求め、最大確信度をもつ入力候補 (j) を記入欄への入力内容として決定する。

$$CF_j = \frac{\sum_{i=1}^4 O_{ij}}{4}$$

6.3 実験 IV: 提案した推論方式の適用評価

6.3.1 方法

ここでは、提案した推論方式の有用性を調査するため、プロトタイプ A' が入力できなかった 176 件の記入欄に対して入力作業を行い、入力に成功した記入欄の数（以下、自動記入成功数）を測定する。

6.3.2 結果

実験結果を表 5 に示す。提案した方式は、プロトタイプ A' では入力できない 176 件の記入欄のうち、113 件の記入欄に対して、正確な個人情報を入力できる。このことから、提案した推論方式は、エージェントが持っている知識を応用して入力内容を決定していることがわかる。一方、自動記入に失敗した記入欄は 176 件中 63 件であり、全体の 26 % の記入欄への入力に失敗する。失敗した記入欄 63 件中 62 件は誤った内容を入力し、残り 1 件は何も入力できない記入欄であった。

7 おわりに

本稿では、ユーザの教育によって仕事の効率を上げていく自動記入エージェントの実現方式について述べた。本実現方式によって、電子フォーム入力

作業を遂行し、ユーザの教育によって賢くなっていく自動記入エージェントの実現が可能になる。しかし、属性オブジェクトを用いた推論方式によって、記入ミスが増えるという問題がある。実験 V において同推論方式は、プロトタイプ A' では何も入力できない 176 件の記入欄のうち 62 件に対して、誤った内容を入力する。したがって、ユーザはエージェントが入力した内容を注意深くチェックする必要があり、今後はユーザの記入チェック作業の負担を軽減する方法が課題となる。

参考文献

- [1] 中所武司: ソフトウェア危機とプログラミングパラダイム ― わかりやすさの追求 ―, 啓学出版 (1993) .
- [2] 中所武司, 藤原克哉, 石樽久嗣, 島田圭: 絶えざる変化に対応するエンドユーザ主導型アプリケーション開発技法 ― CS-life の実現をめざして ―, 情報処理学会 第 62 回全国大会 特別トラック (4) 「IT 革命を支えるソフトウェア開発技術」講演論文集 6H-01, pp.87-92 (Mar. 2001)
- [3] 南谷 圭持, 藤原 克哉, 中所 武司: エンドユーザ向き分散アプリケーションフレームワーク wwHww ―自動記入エージェントの実現方式―, 情報処理学会第 62 回大会講演論文集 (1) 1W-5, 273-274 (2000) .
- [4] 藤原克哉, 中所武司: エンドユーザ向き分散アプリケーションフレームワーク wwHww における分散協調型自動記入エージェントの実現方式, 日本ソフトウェア科学会 第 18 回大会, 2D-1 (Sep. 2001) .
- [5] Microsoft Internet Explorer 5 macintosh Edition, Micorosoft Corp. (2000) .
<http://www.microsoft.com/mac/products/ie/>
- [6] 小山照夫: 情報学シリーズ 2 知識モデリング, 丸善株式会社 (2000) .
- [7] 小林重信: 特集「事例ベース推論の現状と展望」, 人工知能学会誌, Vol.7, No4 (1992) .
- [8] Daivid W.Aha, Leonard A.Breslow.Hector Munoz-Avila, Conversational Case-Based Reasoning, Applied Intelligence, 14, 9-32, (2001) .