

解説

インテリジェント Web インタラクションにおけるファジィ処理の役割†

松下 光範*1・櫻井 茂明*2・村田 忠彦*3*4・高間 康史*5

1. はじめに

Webの急速な普及は我々の情報アクセスのありかたに大きな影響を与えつつある。かつては図書館や書店が果たしていたような新規情報に対する気づきや興味喚起の手段として、あるいは辞書や事典が果たしていたような知らない語彙や事象の調査手段として、さらにはコミュニティやマスメディアが果たしていたような商品やサービスに関する評価情報の獲得手段として、Webを利用するユーザが増加している。もちろんWebの利用はこれらに留まらず、年々多様化を続けている。

Webを介してアクセス可能な情報には、例えば政府が発表したGDPや経済成長率等の経済統計情報、企業が公開したIR(Investment Relations)情報や製品スペック、個人やグループによる映画演劇の評価やアーティストの人気投票といったように、国勢的な観点の情報から個人の趣味に係わる情報に至るまで、様々な内容や粒度、信頼性の情報が含まれている。このような情報を利用し、新しいサービスや利用方法を提案することを目的としてデータベース(DB)、人工知能(AI)、ヒューマンコンピュータインタラクション(HCI)などの分野で様々な研究が進められている。

DBやAI分野の研究では、Webから計算機が扱える形で情報を取り出してユーザに整理・集約して提示するための知識処理技術、いわばWebインテリジェンス(Web Intelligence)技術の実現に焦点が置かれてい

る。一方HCI分野では、様々な意図や観点の下でadhocに追加・作成され、自律分散的に構成されているWeb上の情報に対して、ユーザがどのような意図や興味の下でどのようにアクセスするかを考慮した支援技術、いわばWebインタラクション(Web Interaction)技術の実現に焦点が置かれている。

ユーザの視点で考えた場合、Webという情報源を効率的かつ効果的に利用するにはこれらふたつの技術はどちらも重要である。インテリジェントWebインタラクション(Intelligent Web InteractionあるいはIntelligent Web-Human Interaction)は、このような観点から包括的にWeb研究を捉え、Webインテリジェンス技術とWebインタラクション技術を繋ぐことでユーザの情報アクセスをよりの確に支援するための方法論である。

インテリジェントWebインタラクションでは、配信された情報の背後にあるユーザの振舞いや意図、利用するユーザの行為なども重要な要素になる。そのため、それらを適切に扱う手段としてファジィ処理にも大きな期待が寄せられている。しかしながら、現状ではファジィ処理の適用は限定的であり、その効用が十分に認知されていないようにも思われる。本稿ではこのような問題意識のもと、インテリジェントWebインタラクションにおいてファジィ処理がどのような役割を果たしうるかについて論考する。

2. インテリジェントWebインタラクションのモデル

まず、意思決定や問題解決を行うユーザと、ユーザを支援するシステムとの間で行われるインタラクションをモデル化する。このインタラクションモデルは図1のようになる。

このモデルは大きく二つの流れから構成されている。一つはWeb上に存在する情報(=現実世界の情報)が収集・整理されて蓄積されるという流れ(図中の①)であり、もう一つはユーザとシステムとの循環的なやりとりの流れ(図中②)である。

† Role of Fuzzy Processing in Intelligent Web Interaction
Mitsunori MATSUSHITA, Shigeaki SAKURAI, Tadahiko MURATA and Yasufumi TAKAMA

*1 日本電信電話(株)NTTコミュニケーション科学基礎研究所
NTT Communication Science Labs., NTT Corp.

*2 株式会社東芝 研究開発センター

Corporate Research & Development Center, Toshiba Corp.

*3 関西大学 総合情報学部
Faculty of Informatics, Kansai University

*4 関西大学政策グリッドコンピューティング実験センター
Policy Grid Computing Laboratory, Kansai University

*5 首都大学東京 システムデザイン学部
Faculty of System Design, Tokyo Metropolitan University

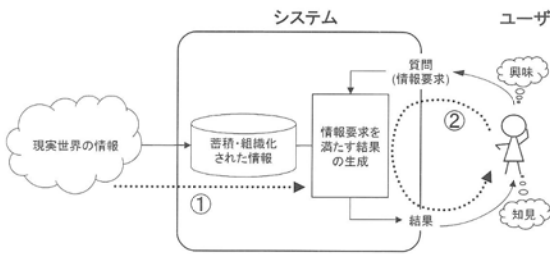


図1 インテリジェントWebインタラクションの概念モデル

①の流れは、ユーザの興味や関心に基づく質問(情報要求)に応じて結果となる情報を提供するためにシステムが事前に行う処理で、ネットワーク上に存在する情報(現実世界の情報)を計算機が扱えるような内部表現に変換し、蓄積・組織化する。なお、この図では一方向の情報の流れとして表現しているが、タスクによってはユーザとのインタラクションの結果として現実世界に新たな情報が発信されるという逆の流れが生じる場合もあることに注意されたい。

②の流れでは、ユーザは自分の興味や関心を質問として表出しシステムに問いかける。システムはユーザから与えられた質問に基づいて蓄積・組織化された情報から適切と思われる結果を生成しユーザに提示する。ユーザは提示された結果から知見を得て、もしそれが自らの情報要求を満足するものでなかった場合や、得られた知見によって情報要求そのものが変化した場合には、別の視点から質問することにより再度情報を探索することになる。この一連のプロセスを通じて、ユーザは自分の抱える疑問を解消したり問題解決や意思決定を行う。

ここで、①と②の流れは独立ではないことに注意する必要がある。例えば、ユーザとのインタラクションを円滑に進めるためにはシステムがユーザの振舞いや嗜好を把握し蓄積されたデータを適切に再組織化すべきであるし、逆にシステムの挙動や能力に応じてユーザが自らの行為を再考したり適応的に振舞いを変えたりすることもよくあることである。そのため、真に有用なシステムを実現するためには、一方の流れのみを扱うのではなく、両方の流れを考慮する必要がある。

このモデルに基づき、以下の章では3つの観点からファジィ処理がインテリジェントWebインタラクション研究にどのように寄与するかについて述べる。具体的には、①の流れに係わる技術としてWebテキストからの情報獲得に、①と②の流れをつなぐ技術としてユーザモデル構築に、そして②の流れに係わる技術としてインタラクティブなWeb情報アクセスに着目

し、各々に対してファジィ処理が果たし得る役割や実際に適用されている事例について述べる。

3. Webテキストからの情報獲得とファジィ処理

Web上の情報はテキストや画像、音声等の様々な形式で蓄積されている。これらの情報は、ブラウザ等を用いて閲覧するだけでなく、分析・整理・集約などの処理を行う事で、情報発信者の本来の意図を越えて様々な利用が可能である[1]。このような処理を行う際、Webページ中に記述されているテキストを手がかりとして利用する機会が多い。これは、自然言語処理技術の発達や利用可能なツール・機械可読辞書などの普及に因るところが大きい。

テキストを手がかりとしてWeb上の情報を扱うには、情報の提供方式を機械処理可能な構造化言語で規定し、それに基づいて予め意味情報を付与しておくことで処理の効率化・高精度化を図るアプローチ[2, 3]と、自然言語処理技術を用いてテキストを直接解析するアプローチ[4]がある。前者は予め定められた言語規則に基づいて高い精度で処理を行える半面、情報提供者(Webページの作成者)に負荷を強いるものである。事前に汎用かつ網羅的な言語の規定が難しい、といった問題がある。一方、後者は情報提供者に余計な負荷をかけず、ネット上の膨大なテキストを処理対象にできる半面、解析誤りが含まれる可能性が多分にあるといった問題がある。現状では、テキストに付与されているのは主に表示に係わる情報のみであり、意味情報が付与されているものは極めて少ない。そのため、インテリジェントWEBインタラクションに係わる研究では後者のアプローチが多く見られる。

自然言語処理技術を用いてテキストを解釈する場合、テキストの表層から獲得可能な統計情報に基づいて解釈する手法と、人手で書き下した事前知識(知識ベース)を予め用意し、それらを参照して解釈する手法がある。例えば、あるページと別のページが類似しているかどうかを判定する場合、そのページに含まれている単語の頻度や共起関係などを利用して類似しているか否かを決めるのが前者の手法であり、オントロジや概念辞書、シソーラスを参照して各々のページの意味理解を行い、それに基づいて類似しているか否かを決めるのが後者の手法である。以下の節では各々の手法においてファジィ処理がどのように関与し得るかを概観し、その利点と欠点、および今後の方向性について議論する。

3.1 統計手法によるテキストの解釈とファジィ処理

茶筌[5]やNEXt[6]など、精度の高い形態素解析器や固有表現抽出器の出現に伴い、テキストから抽出された単語や固有表現に着目して統計的に処理することでテキスト間の関係や特徴を把握する方法が様々な研究されている。例として文書の内容理解支援を考えよう。

文書の内容理解支援の初歩的な方法として、文章の内容を一言で表す重要なキーワードの抽出が考えられる[7]。キーワード抽出に用いられる代表的な統計情報は、文書内での単語出現頻度(tf値: term frequency)である。しかしながら、単なる出現頻度だけでは、日本語では、「は」や「が」などの助詞、英語では、“he”などの代名詞や“is”などのbe動詞、“the”などの冠詞が頻出語となってしまうため、対象外となる語句をあらかじめ設定しておく方法がとられている。また、単に頻出するだけでなく、その語の説明に費やされている文章量や類義語等の出現頻度等も勘案する必要がある。

文書の内容理解支援の一手法である文章要約の研究では、上述したキーワード抽出手法に基づいて得られたキーワードを含む文章を重要文として定義し、その文章を要約文として提示する手法が検討されている[8, 9]。キーワードを含む文章は当該文書における重要文であるが、必ずしも抽出された文章が文書全体の要約文となっているとは限らないため、文章要約技術は依然として改良の余地があるといえる。

これらの文書の統計情報を応用したシステムとして、メールやレポートの分類システム[10, 11]が応用例としてあげられる。これらの分類システムは、文書の特徴や分類先のキーワードを特定できれば、そのキーワードの対象文書における出現頻度を測ることにより、比較的簡単に実装することができる。ただし、この場合、特徴や分類先のカテゴリやそのカテゴリのキーワードを自動的に生成する技術を考案することが課題となる。また、評価文や批評文を分類・提示するシステムも開発されている[12]。具体的には、対象を評価・批評する形容詞をキーワードとして抽出し、その出現頻度に基づいて文書の分類を試みている。この場合にも、対象を適切に表現するキーワードの選定が課題となる。

上述のキーワード抽出手法や要約文抽出手法、文書分類手法は、それぞれ適用時の課題はあるものの、いずれも文書の統計的情報を用いることで、有用なレベルの効果が得られている。したがって、これらの分野で、ファジィ処理を導入することにより、一層の精度の向上を目指すという研究はあまり活性化が見込めな

いと考えられる。

例えば、曖昧さを持つ二つの概念間の関係を記述する場合を考える。曖昧さの表現として、近似の次元という観点から見ると、例えば、0次近似がクリスプ値、すなわち0, 1による近似であり、1次近似が0.0から1.0の間の区間値による近似である。この1次近似が距離概念である。そして、メンバーシップ関数を用いた表現は2次もしくはより高次の近似だといえる。曖昧さの表現として、クリスプ値では十分でないことは明らかであるし、表現力の観点からいえば、メンバーシップ関数が最も表現力が高いのも明らかである。しかしながら、実用的な観点から見ると、多くのタスクでは、1次近似で十分な場合が多いため、2次近似の利用が必然ではない。2次近似よりも2次近似を用いることで劇的に精度が向上するならば、より多く利用されて然るべきであるが、近傍検索やクエリー拡張など、距離概念でも十分に実用レベルのことが出来てしまう。また、単語の概念間関係を扱いたい場合、それらを各々ファジィ値で記述しなくても、大量の文書集合から粗いが規模の大きい概念関係空間(例えばベクトル空間表現など)を用意しておけば十分利用できる値が算出可能になる。特にWebを対象とする場合、大量の文書集合が容易に入手可能であるという特徴があるため、この傾向は顕著なものとなる。このような現状では、その作成や演算にコストがかかる2次近似を使う積極的な理由は見当たらない。したがって、ファジィ処理を導入するには、3.2節で示すように異なったモチベーションのもとに導入することが必要であろう。

3.2 事前知識を用いたテキストの解釈とファジィ処理

前節では、テキストの表層から獲得可能な統計情報に基づいて有用なレベルの効果が得られていることを示したが、意味理解のフェーズでは、統計情報では理解主体者の特徴を反映できないであろう。つまり、意味理解の手法開発のために、ファジィ処理が有用であると筆者らは考える。例えば、「エージェント」という用語が一時期もてはやされていたが、「エージェント」という用語の意味については、研究者たちの間でも緩やかな合意が得られているのみである。つまり、代理性や自律性をもつ点で共通認識は得られているが、それをネットワーク上の技術として使うのか、シミュレーションの技術として使うのかで、大きく具体的な利用方法は異なっている。したがって、単にエージェントという単語の頻度分布だけでは、二つの文書が同種の内容を扱っていると判定することはできない。このような場合、代理性や自律性という大きな概念で

は、同種であると判定できるかもしれないが、応用方法の点から大きく異なっていると考えられる。このように用語の意味は理解主体者の事前知識により異なるため、理解主体者が期待するテキスト解釈を実現するためには、意味を含めた単語との整合性を吟味する必要があることがわかる。

主観的な意味を含めた単語の情報化において、ファジィ処理が活用できると考えている。ただし、その情報化の作成コストを低減させなければ、実用的であるとはいえない。ファジィシステムを導入するには、常にメンバーシップ関数の同定手法についての問題が発生するが、例えば、ある単語の意味に対応するメンバーシップ関数を一般的な形状で与え、その後、理解主体者の日常作業のログから自動チューニングすることにより、理解主体者の主観的な意味を含めた形状に変化させることが考えられる。ファジィパターン認識システムのデータからの学習[13]では、チューニング後のメンバーシップ関数の形状から、対象の特徴を捉えることが行われている。自然言語処理においても、ログからの自動チューニングが実現できれば、理解主体者の意味構造を、メンバーシップ関数の形状という形で提示することが可能になると考えられる。もちろん、意味理解におけるファジィシステムでは、単語の意味に対応するメンバーシップ関数をどのような軸の上に定義するかが問題となり、離散属性の場合には、その順序も注意深く取り扱わなければならない。

3.3 今後の展望

本章で述べたように、ファジィ処理がインテリジェント Web インタラクションにおいて主要な技術として認知されるには、「精度以外の観点を訴求する」こと、「作成コストを低減させる」こと、というふたつの方向性があると考えられる。前者として有望なのは「意味のグラウンディング」である。すなわち、表層の文字列を意味にマッピングする際の写像妥当性(これは統計処理では得られない)と意味に落とし込んだ後の演算妥当性(ファジィ推論やファジィ測度に基づく処理)に価値を見出すことができれば、メンバーシップ関数を利用する大きな要因の一つになるだろう。一方、後者として有望なのは「汎用的なファジィ知識を人手で作成し、共有資源とする」方法であろう。例えば、日本語語彙大系[14]や EDR[15]など、個人で作成する事が容易でない知識体系を提供できれば、それに基づく研究を誘発することは想像に難くない。

「曖昧さ」は人間の主観や解釈に大きく依存するものであり、本質的には統計処理では得にくいものである。現時点では精度や計算速度といった因子が過分に

重要視されて健全性(soundness)とか妥当性(ligitimacy)が十分に意識されていないように思われる。意味処理における健全性や妥当性の議論がファジィ処理の復権に大きく寄与すると考える。

4. ユーザモデルの構築とファジィ処理

近年では、列車の乗り換え案内やホテルの宿泊予約などのように、ユーザに何らかのサービスを提供するための Web ページも増加している。ユーザの目的や状況に応じて個別のサービスを適切に連携させることができれば、ユーザの行動を支援できるようになる。このような利用のために Web ページを知的に連携させる技術の枠組として Semantic Web が研究されている。Semantic Web は表示系の情報が主に記述されている現在の Web ページに対して、意味的な情報を Web ページに記述するための枠組みである[3]。すべての Web ページが Semantic Web の枠組みに従って記述されたとするならば、知的な連携を容易に行うことができる。しかしながら、特定の仕様に従って意味的な情報を記述することは、Web ページの作成者にとってかなり負荷の高い作業である。企業が主体となって運営している Web ページであれば、そのページの利用を通して利益をあげられるという動機付けがあるため、意味的な情報を記述することが(ある程度は)期待できる。一方、個人レベルで趣味的に運営している Web ページの場合、そのページの作成者は多くのユーザに見てもらいたいとの動機付けはあるとしても、そのために負荷の高い作業をこなすことは期待できない。このため、すべての Web ページに意味的な情報が記述されると期待するのは現実的ではないだろう。このような個人レベルの Web ページをも情報源として利用するには、Semantic Web に代わる(もしくは補完する)仕掛けを用意する必要がある。

そのひとつの解決策として、個々のユーザについてのユーザモデルを利用する方法が考えられる。ユーザの嗜好をある程度一般化した形式でユーザモデルとして記述しておくことにより、多くの状況に対応した適切な連携を支援することができる。本章ではユーザモデルを構築する観点からファジィ処理の利用可能性について論じる。

4.1 ユーザモデルの獲得

ユーザモデルを用いた支援を行う場合、どのようにユーザモデルを獲得するかが問題となるが、ユーザが自身の嗜好を抽出してユーザモデルを記述することは困難であり、ユーザモデルをある程度自動的に学習する枠組みが必要である。このため、ユーザモデルの学

習を行う手がかりとして、ユーザのWeb上における行動データを何らかの形で収集する必要がある。将来的には、Web利用時のユーザの視線の変化や表情、体調の変化等のデータを活用したユーザモデルの学習も考えられるが、このようなデータを簡便に収集する環境は現在のところ整備されていない。より近い将来としては、Webページを構成するデータ、Webページの遷移、Webページの滞留時間といったデータが、ユーザモデルの学習に利用される行動データになると考えられる。

ただし、収集される行動データのうち数値データは、値そのものに誤差を含んでいることも多く、値自身にあいまいさが存在している。また、その値の解釈も人によって必ずしも一致しておらず、同じ人の解釈であったとしても状況の違いによって変化する場合がある。このため、値の解釈自体にもあいまいさが存在する。これに対してテキストデータの場合、テキストにおける不正確な記述や不明確な記述により、テキストの解釈自体にあいまいさが存在する。また、人の感性に訴えるようなテキストの場合には、人によってもその印象の違いが生じるのはごく自然なことである。このような印象の違いは、サウンドや画像を扱う場合にはより顕著になる。一方、Webページには各データを配置する情報も記述されており、配置によって受ける印象はユーザやその状況の違いによっても全く異なったものとなる。加えて、Webページの遷移の順序や切り替えのタイミングから受ける印象も全く異なっている。このため、Webの知的連携を行うユーザモデルにおいては、特定の集団や状況に起因した「全体的なあいまいさ」と、特定の個人に起因した「個別的なあいまいさ」を組み合わせる必要があると考えられる。

4.2 ファジィ処理を用いないユーザモデル

ファジィ処理を用いないユーザモデルとして、論文[16]では、ユーザの興味を複数の属性によって表現し、ユーザとのインタラクションを通してそのパラメータを修正する方法を採用している。本ユーザモデルは、e-commerce分野において、ユーザのニーズに応じて製品パラメータを設定したり、オンライン販売を支援したりするユーザインターフェースの適用に利用されている。このようなユーザモデルの場合、状況に応じたユーザの興味を表現することが難しいため、その利用が限定された状況に限られたものになるといった問題点がある。一方、論文[17]では、Web検索におけるユーザの行動を分析することにより、ユーザの主要な行動のひとつとして、ルーチン化された検

索作業をモデル化している。本ユーザモデルでは、繰り返し実施されると判定された検索に対して、ショートカットリンクを自動的に作成することにより、ルーチン化された検索作業を簡素化している。このような行動データの分析に基づいたルールベースのユーザモデルの場合、多数の作業を支援しようとする、ルールの数が膨大になるため、その整合性を維持管理することが難しくなるといった問題点がある。

4.3 ファジィ処理を用いたユーザモデルの利点

ファジィ集合はあいまいさを含んだ複数の情報源を上手く組み合わせることで扱うことが可能な技術である。このため、4.1節で説明した「全体的なあいまいさ」と「個別的なあいまいさ」を別々のファジィ集合として定義することにより、与えられた状況に応じてこれらファジィ集合を適宜組み合わせ、状況に応じた判断を下すことができる。例えば、映画のランキングが掲載されている複数のサイトを情報源として、ユーザの嗜好に合った映画を推薦する場合を考えてみる。このとき、各サイトのランキングは通常異なっているため、各映画の評価に対して全体的なあいまいさが存在する。一方、ユーザ側にも映画のジャンルに対する好みやランキングを掲載しているサイトに対する好みが存在するため、映画のジャンルやサイトといった特定の状況における個別的なあいまいさが存在する。そこで、各サイトのランキング、映画のジャンルやサイトといった特定の状況、ユーザの好みとを別々のファジィ集合として記述し組み合わせることにより、ユーザの好みに合った映画を推薦することができる。このように、ファジィ集合を利用してユーザモデルを記述することにより、状況に応じた自然なWebページの連携を行うことが期待できる。

ファジィ集合を利用したユーザモデルを構築する要素技術として、櫻井らはテキストの内容を判別する方法[10]や時系列的なテキストから特徴的な行動パターンを発見する方法[18]を研究している。前者の方法では、学習段階では与えられていなかった未知の表現に関連した判断を保留して、他の表現による判断を実施する枠組みにファジィ集合を利用している。また、後者の方法では、行動パターンを特徴付けるイベントの記述において、離散的なイベントと数値的なイベントとをシームレスに扱う枠組みにファジィ集合を利用している。これらの方法をWebページからの行動データの動的な収集と組み合わせることで、ユーザの行動を支援するための技術として活用することが期待される。

4.4 今後の展望

Web が社会生活に浸透するにつれて、ユーザの嗜好にあわせて Web を活用することが一層求められるようになる。そのためには、ユーザの嗜好を記述したユーザモデルが必要になるであろう。直近では、主観的な解釈が必要となるテキストをユーザモデルが対象とすることが必要となり、将来的にはサウンド、画像、より将来的には感触、においといった、より主観的な解釈が必要となる対象を扱うことがユーザモデルに求められるようになる。このため、主観的な情報を扱うのに優れたファジィ集合が、ユーザモデルを記述する要素技術として活用されていくと考えている。

5. インタラクティブな Web 情報アクセスとファジィ処理

Web 上の情報へインタラクティブにアクセスするための代表的な手段としては、ブラウジング (Browsing)、サーチエンジンを利用した検索 (Retrieval)、Webディレクトリサービスなどを利用したナビゲーション (Navigation) が従来から用いられている。

Webがこれほどまでに普及した一つの要因は、あるページを公開する際に、Web上にすでに存在する関連ページへ(それが他人・他機関の公開するものであっても)リンクを張る事により、情報源を柔軟に拡張していける点にある。ユーザは現在閲覧中のページに含まれるリンクをクリックすることにより、関連するページへ気軽にアクセスすることができる。このような、ハイパーリンクを逐一辿っていく形態の情報アクセスはブラウジングと呼ばれる。

Web上に存在する情報量(ページ数)が膨大なものとなるにつれ、ブラウジングよりもより効率的な情報収集手段が要求されるようになり、Googleなどのサーチエンジンを利用した検索が、Web情報アクセスの一般的手段となった。現在では、いくつかのサーチエンジンで提供されているAPIを利用することにより、検索インタフェースを備えたWebページを誰でも簡単に作成できるようになっている。

一方、収集ページをトピック毎に分類し、階層構造に整理したディレクトリサービスでは、漠然としたトピックから詳細なトピックへ、階層構造を頼りに絞りこみ探索して行く。このように、探索空間に対する何らかの手がかりが与えられた場合の情報アクセス行為をここではナビゲーションと呼ぶ。

これらのWeb情報アクセス手段は独立したものではなく、組合わせて利用される事も多い。例えば、興味のあるキーワードを用いてサーチエンジンで検索し

た結果(Web ページ)を起点としたブラウジングも一般的に行われる。また、Yahoo!のようにディレクトリサービスと検索インタフェースの両方を提供し、ディレクトリ構造内で見つかったページについてはどのディレクトリに存在するかの情報も提供するという、検索とナビゲーションの融合も一般的である。

5.1 Web 情報アクセス支援システム

上述したように、Webの初期にはブラウジングによる情報アクセスが一般的であったため、次に辿るべきリンクの推薦を行う事によりブラウジング過程を支援するシステムの研究が、初期には比較的多く見られた。代表的なシステムとして Web Watcher [19] や Letizia [20]、Syskill & Webert [21] などが挙げられる。

Web Watcher は、ユーザがある目標を持ってブラウジングしている時に、各ページ内に含まれるリンクのうち、それを辿ることによってユーザの目標達成に近づくことのできると思われるリンクの推薦 (recommendation) を行う。Web Watcher のサーバがプロキシサーバのような役割を果たし、オリジナルのページを書き換えることによりリンク推薦を示すマークの付加やログの収集を行うため、特定のブラウザには依存しない。また、個人毎の学習ではなく、同一の目的を持ったユーザがあるリンクを選択する傾向の予測を学習するため、十分な訓練事例を得ることが可能となっている。Web Watcher と比較して、Letizia はクライアント型アプリケーションとして実装されており、Syskill & Webert はユーザごと、トピックごとの学習を行うといった特色がある。

サーチエンジンを用いた検索で効率よく情報収集を行うためには、ユーザが入力するクエリーに関連するページの判定が正しく行えるか、ユーザ自身が適切なクエリーを入力できるかが大きな問題であり、前者については情報検索モデルやページランキング手法、後者についてはクエリー拡張 [22] や適合フィードバック [23] などが研究されてきた。クエリー拡張は、主にブーリアン検索モデルにおいて利用される手法であり、シソーラスや検索結果からの自動抽出により、検索語として適切な用語をユーザが入力したクエリーに追加する。これに対し適合フィードバックは、一般にベクトル空間モデルで利用され、検索結果として得られた各ページについてユーザが適合・不適合と判断した結果からクエリーベクトルの重みを修正する。

ナビゲーションの支援においては、ユーザや目的に適應した手がかりの提示方法や、ユーザにわかりやすい提示方法などの検討が重要であり、クラスタリング

を利用した情報可視化システムの研究などが行われている。Scatter/Gather[24]では、検索結果をクラスタリングし、クラスタ毎に関連キーワードと文書リストを提示する。ユーザが興味のあるクラスタを選択すると、そのクラスタをさらに逐次的にクラスタリングし、その結果を提示する。また、RF-Cone (Relationship Focused Cone)[25]は、Webページをキーワードによりベクトル表現して求めた類似度およびページ間のパス長(他方に辿り着くまでのリンク数)を元に階層構造を作成し、Cone Treeを用いて3次元空間上に可視化する。その他、Web上の情報を扱う情報可視化技術・システムに関しては文献[26]を参照されたい。

5.2 Web 情報アクセスとファジィ処理

これらの Web 情報アクセスは、Webの形式的特徴である、(1)マークアップ記述言語(HTML)を用いて記述された Web ページが、(2)ハイパーリンクによって相互に接続されている、という特徴に基づいて生み出されたものであり、Web上の全ての情報に対する統一的・汎用的なアクセス手段を提供するものと言える。

しかし、当初想定された用途を越えて、多様な情報提供者が提供した膨大な情報源に、多様な目的・興味を持ってユーザがアクセスする現在のWebを考えた場合、これまでのような汎用的・統一的アクセス手段にこだわっているのは、Webの持つポテンシャルを生かすことは困難になっている。

ある目的を持ったユーザが、実際にWebから必要な情報を集める状況を考えた場合、必要な情報が利用しやすい形で存在するとは限らない。必要な情報が全て単一のページ内に存在するとは限らず、複数のページを組み合わせる事により要求を満たす必要がある。また、情報利用者であるユーザと情報提供者の意図の違いにより、情報の存在に気づきにくいという問題点もある。例えば、旅行計画を立てている状況では、観光スポット、宿泊先、交通手段などは通常別々のサイトに存在しており、ユーザがそれぞれ適切なサイトを見つけ、情報を収集する必要がある。また、ある人のBlogで何気なく書かれている情報(観光スポットの感想や、ホテルへの不満など)が、非常に役立つ可能性もあるが、そのような情報を検索エンジンなどでピンポイントに探すことも難しい。

このような状況において、ユーザの情報アクセスを支援するためには、ユーザとのインタラクションの過程からページ(情報)に対するユーザの評価基準を推測し、それに基づき情報収集や可視化などの各種支援を

行う事が重要である。従来の適合フィードバックなどでは、ユーザの評価基準は予め固定されており、これをインタラクションを通じて同定していく。しかし実際には、あるページに対するユーザの評価基準は、Web情報アクセスの過程で動的かつ非線形に変化していくと考えられる。その理由は様々に考えられるが、大きな要因として、ユーザの知識や目的の変化、および他ページとの関係が挙げられる。

一例として、旅行計画立案中のWeb情報アクセスを考える。最初は鉄道を利用する予定で、飛行機などの情報は収集していなかったのに、あるページで格安チケットの存在を知った場合、鉄道や駅に関する情報の価値は低下する一方、航空会社のサイトや空港に関する情報の価値は上昇する。これは、ユーザの知識の変化に伴う評価基準の変化である。

さらに、鉄道を利用する予定であった時には駅周辺のホテルを探していたかも知れないが、飛行機利用への変更に伴い、空港からの送迎バスのあるホテルを探すかも知れない。これは、「交通手段に関するページ」に対する評価基準が変化したことに伴い、「ホテルに関するページ」に対する評価基準も変化したという点で、他ページとの関係が影響したとみることができ

る。また、5.1節で紹介したナビゲーション支援における検索結果のクラスタリングにおいて、既存手法ではトピックあるいはファイルタイプに基づきクラスタリングを行うものがほとんどであるが、情報のタイプや提供形態といった、より多様な観点を採り入れ、同様のトピックを持つページが多数存在する場合には他の観点に切替えてクラスタリングを行うなど、ユーザや他のページとの関係を考慮することも有用であろう。

これ以外にも、複数ページに分散して存在する、時空間軸上で関連づけられる情報を、適度な粒度で要約し、適切なメディア(テキストやグラフ)の組合せでユーザに提供すること(例えば[27]など)も、今後のWeb情報アクセス支援の一形態として有望である。この時も、ページに対する評価基準ではないが、ユーザの知識状態や目的(興味)、利用可能な情報などにより、要約の粒度やメディアの組合せを変更すべきであり、システムの出力(要約)に対するユーザの評価基準について同様の事が当てはまると言える。

このような、ユーザの知識・目的の変化や、他のページとの関係に基づくページの評価基準変化の非線形性に対処するために、今後ファジィ処理の果たす役割は大きいと考える。ここでは特に、ファジィ処理において必要不可欠な、 α カットやdefuzzificationなどの、ファジィークリस्प変換処理に着目したい。

ファジィ処理に基づくクラスタリング[28]において、Fuzzy c-meansなどの非階層的なクラスタリングでは要素毎に全クラスタへの帰属度が求められ、利用の際には α カットによりクリスプ集合化される。ファジィ関係に基づく階層的クラスタリングやファジィグラフにおいても解析・利用の際には同様の処理がなされる。予め固定的な閾値、クラスタ数でクリスプにクラスタリングを行うのではなく、状況に応じて動的に α カットのレベルを変更したり、複数のレベルでカットした結果から多様な候補解を得るなどの柔軟な利用が可能である点が、ファジィ処理の利点の一つである。一例として、デザイン要素と感性評価の関係の非線形性を扱うためにファジィ理論を応用した例[29]では、 α カットのレベルを変えることによって多様な推論結果を得ているが、インタラクティブなWeb情報アクセスにおいても、この利点は有効であると考えられる。

例えば、前述の多様な観点に基づく検索結果のクラスタリングを行う際に、一つのWebページは異なる観点に基づく複数のクラスタに属するであろうから、それらの関係をファジィ集合として表現しておき、ユーザに提示する際には適切なレベルで α カットして提示するなどが考えられる。また、キーワードマップを用いたインタラクティブな情報検索システム[30](図2)において、ユーザによるキーワード配置の編集結果からキーワードクラスタを抽出、クエリーに変換しているが、クラスタ境界のあいまいさや多数クラスタの存在と言った問題を、ファジィクラスタリングと α カットの組合せにより対処することも可能であろう。

通常のルールベースに基づく推論では、同一状態にマッチするルールが複数ある場合には競合解消を行い、一つのルールを選び出す。これに対し、ファジィ推論では、複数のルールが同時に利用され、各ルール

がその状態を満たす度合に基づいて、defuzzificationにより最終的に一つの解に統合される[31]。この性質は、Webページに対する評価基準の動的な変化を扱うのに適していると考えられる。すなわち、各ルールが独立した評価基準を表しており、ユーザの知識状態などによりメンバシップ関数の形状などを変形させれば、インタラクションを通じたユーザの知識や目的の変化に追従可能と考える。また、Semantic Webでは、推論結果の説明として証明をユーザに提示する事を想定しているが、ファジィ推論では各ルールの出力の内訳がユーザに対する説明として利用可能であろう。

5.3 今後の展望

前節で示したような、Web情報アクセス支援にファジィ処理を応用する場合に重要なのは、システムデザインの観点であろう。情報検索技術やSemantic Webなど、これまでにWebで提案・利用されてきた技術などをファジィ処理で全て置き換えるのではなく、これらとの組合せの中で、defuzzificationのタイミングや適切な α カットのレベル調整など、ファジィ処理の利点を最大限発揮するためにはどうすべきであるかを検討することが重要であろう。

5. おわりに

本稿ではインテリジェント Webインタラクションにおいて、ファジィ処理がどのような役割を果たすかについて、幾つかの観点から議論した。もちろん、本稿で取り上げたものがすべてではないが、このような議論を通じてソフトコンピューティングの諸技術がWEBを知能的に活用する際の基盤技術として認知され、重要な役割を担うようになっていくよう期待したい。

参考文献

- [1] 藤本, 本村, 松下, 庄司: 知の科学 意思決定支援とネットビジネス, オーム社 (2005).
- [2] 橋田: GDA: 意味的修飾に基づく多用途の知的コンテンツ, 人工知能学会誌, Vol. 13, No. 4, pp.528-535 (1998).
- [3] Berners-Lee, T. and Lassila, O.: *The Semantic Web*, Scientific American (2001).
- [4] 奥村 (編): 特集: WWW上の情報の知的アクセスのためのテキスト処理, 人工知能学会誌, Vol.19, No.3, pp.259-323 (2004).
- [5] 松本, 北内, 山下, 平野, 松田, 高岡, 浅原: 日本語形態素解析システム「茶釜」version 2.2.1 使用説明書 (2000).
- [6] 梶井, 鈴木, 福本: テキスト処理のための固有表現抽

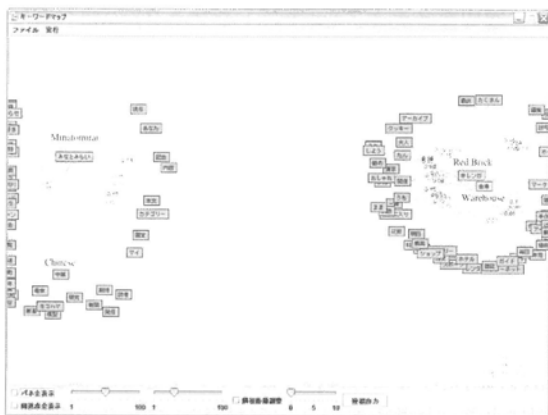


図2 キーワードマップを用いたインタラクティブ情報検索

- 出ツール NExT の開発, 第 8 回言語処理学会論文集, pp.176-179 (2002).
- [7] 松尾, 大澤, 石塚: Small World 構造に基づく文書からのキーワード抽出, 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.6, pp.1825-1833 (2002).
- [8] 奥村: 自然言語による情報アクセス技術 3-テキスト自動要約-, 情報処理, Vol.45, No.6, pp.574-579 (2004).
- [9] 砂山, 井山, 谷内田: 重要文抽出による Web ページ要約のための HTML テキスト分割, 電子情報通信学会論文誌 D-I, Vol.J87-D-I, No.12, pp.1089-1097 (2004).
- [10] Sakurai, S. and Suyama, A.: An E-mail Analysis Method based on Text Mining Techniques, *Applied Soft Computing*, Vol.6, No.1, pp.62-71 (2005).
- [11] 白戸, 村田, 内垣戸, 黒上: 表現キーワードを手がかりにした自己評価文書分類システムの開発-学習者の自己評価文書に対するフィードバック支援-, 日本教育工学会研究報告集, JSET 06-1, pp.77-82 (2006).
- [12] Murata, T. and Kakito, N.: Products' Review Page Projection Using the Number of Evaluating Expressions, *Proc. WWW/Internet 2004*, pp.1121-1124 (2004).
- [13] 石淵, 村田: ファジィパターン認識, ファジィとソフトウェアエンジニアリングハンドブック, pp.183-206 (2000).
- [14] 池原, 宮崎, 白井, 横尾, 中岩, 小倉, 大山, 林: 日本語語彙大系, 岩波書店 (1997).
- [15] 日本電子化辞書研究所: EDR 電子化辞書使用説明書 (1995).
- [16] Ardissono, L., Felfernig, A., Jannach, D., Friedrich, G., Schaefer, R. and Zanker, M.: Customer-Adaptive and Distributed Online Product Configuration in the CAWICOMS Project, *Proc. Configuration Workshop at IJCAI'01* (2001).
- [17] Maglio, P. and Barrett, R.: How to Build Modeling Agents to Support Web Searchers, *Proc. UM'97*, pp.5-16 (1997).
- [18] 櫻井: 時系列パターン抽出装置, 時系列パターン抽出プログラムおよび時系列パターン抽出方法, 公開特許 P2004-287798 (2004).
- [19] Armstrong, R., Freitag, D., Joachims, T. and Mitchell, T.: WebWatcher: A Learning Apprentice for the World Wide Web, *AAAI Spring Symposium on Information Gathering from Heterogeneous, Distributed Environments*, pp.6-12 (1995).
- [20] Lieberman, H.: Letizia: An Agent That Assists Web Browsing, *Proc. IJCAI95*, pp.924-929 (1995).
- [21] Pazzani, M., Muramatsu, J. and Billsus, D.: Syskill & Webert: Identifying Interesting Web Sites, *Proc. AAAI-96*, Vol. 1, pp.54-61 (1996).
- [22] 砂山, 大澤, 谷内田: ユーザの興味の構造を用いて関連検索キーを提示する検索支援インターフェイス, 人工知能学会誌, Vol.15, No.6, pp.1117-1124 (2000).
- [23] 徳永: 5.2: 適合性フィードバック, 情報処理と言語処理, 東京大学出版会, pp.154-159 (1999).
- [24] Hearst, M. A. and Pedersen, J. O.: Reexamining the Cluster Hypothesis: Scatter/Gather on Retrieval Results, *Proc. SIGIR96*, pp.76-84 (1996).
- [25] Teraoka, T. and Maruyama, M.: Research Report: Adaptive Information Visualization Based on the User's Multiple Viewpoints - Interactive 3D Visualization of the WWW-, *Proc. Info Vis'97*, pp.25-28 (1997).
- [26] 松下, 高間: ネット上の情報を可視化する技術, 知能と情報, Vol.15, No.6, pp.506-514 (2003).
- [27] 加藤, 松下, 神門: 動向情報の要約と可視化-その研究課題とワークショップ-, 知能と情報, Vol.17, No.4, pp.424-431 (2005).
- [28] 宮本: クラスタ分析入門, 森北出版 (1999).
- [29] 中森: 感性データ解析, 森北出版 (2000).
- [30] Takama, Y., Kajinami, T. and Matsumura, A.: Application of Keyword Map-based Relevance Feedback to Interactive Blog Search, *Proc. AMT'05*, pp.112-115 (2005).
- [31] 廣田, バルギエラ, 高橋: 2.3: ファジィ推論とファジィ制御, 計算知能における FAN 入門, 日本知能情報ファジィ学会学術図書, p.46 (2005).
(2006年2月21日 受付)

[問い合わせ先]

〒619-0237 京都府相楽郡精華町光台2-4

日本電信電話株式会社

NTTコミュニケーション科学基礎研究所

松下 光範

TEL: 0774-93-5232

FAX: 0774-93-5285

E-mail: mat@cslab.kecl.ntt.co.jp

著者紹介



まつした みつひろ
松下 光範 [正会員]

1993年大阪大学工学部精密工学科卒業。1995年大阪大学大学院基礎工学研究科物理系専攻制御工学分野博士前期課程修了。同年4月、日本電信電話(株)入社、現在に至る。インタラクショナルデザイン、自然言語理解に関する研究に従事。1996年度人工知能学会全国大会優秀論文賞、平成14年度情報処理学会論文賞他各受賞。情報処理学会、人工知能学会、ACM各会員。博士(工学)。



まぐらゐ しげあき
櫻井 茂明 [正会員]

1989年東京理科大学理学部応用数学科卒業。1991年同大学院修士(数学)課程修了。同年、(株)東芝入社。1998年新情報処理開発機構つくば研究センタ出向。2000年(株)東芝研究開発センター帰任。現在、同センター知識メディアラボラトリーにて、テキストマイニング、時系列マイニングに関する研究開発に従事。人工知能学会、電子情報通信学会各会員。博士(工学)、技術士(情報工学)。



むらた ただひこ
村田 忠彦 [正会員]

1994年大阪府立大学工学部経営工学科卒業。1997年同大学院工学研究科電気・情報系専攻博士課程修了。1997年-足利工業大学工学部助手、1998年-2001年同講師を経て2001年-関西大学総合情報学部助教授。2005年-関西大学政策グリッドコンピューティング研究センター長兼務。1997年度システム制御情報学会奨励賞受賞。2005年よりIEEE SMC Society, ソフトコンピューティング技術部会長。遺伝的アルゴリズムによる多目的最適化や自然言語処理ツール、グリッドコンピューティングの研究に従事。主要著書は「ファジィとソフトコンピューティングハンドブック」(日本ファジィ学会編、共立出版)、IEEE、ACM、情報処理学会、システム制御情報学会各会員。博士(工学)。



たかみ たかし
高間 康史 [正会員]

1994年東京大学工学部電子工学科卒業。1999年同大学院博士課程修了。1999-2002東京工業大学大学院総合工学研究科助手、2002-2004東京都立科学技術大学助教授、2005年より首都大学東京システムデザイン学部准教授。Web Intelligenceや情報可視化、知的インタフェースの研究に従事。主要著書は「AI事典第2版(編)」(オーム社)、IEEE、人工知能学会、情報処理学会、電子情報通信学会各会員。博士(工学)。