

創発の考え方をを用いた デジタル機器向け情報ナビゲーションシステム

Information Retrieval and Navigation System Suitable for Digital Appliances Based on Emergence

竹安 功 藤野 剛 小山 徳章

■ TAKEYASU Isao

■ FUJINO Go

■ KOYAMA Noriaki

近年、インターネット上のコンテンツを楽しむことのできるデジタル機器が増えてきている。インターネットには映像やニュースなど様々な種類の膨大なコンテンツが存在しており、ユーザーの望むコンテンツを手軽に探し出せる機能の必要性が高まっている。

東芝は、動物行動学や複雑系で用いられている“創発”の考え方に基づき、デジタル機器に最適な情報検索を可能とするナビゲーションシステムを開発した。このシステムはユーザーの興味に合うコンテンツとユーザーの興味を広げるコンテンツの両方へユーザーを誘導することができ、ユーザーは簡単な操作だけで次々と気軽にコンテンツを楽しむことができるようになる。

With the wide dissemination of digital appliances such as TV sets and cellular phones that can handle various digital contents including movies and news distributed via the Internet, there is an increasing need for the enhancement of retrieval functions for contents that users want to see.

In response to this problem, Toshiba has developed an optimal information retrieval and navigation system for digital appliances based on the concept of emergence, which is commonly used in the contexts of ethology and complex system theory. This system allows users to easily access not only contents of interest but also contents that might expand their interests, simply by clicking on automatically provided keywords.

1 まえがき

テレビ (TV) やスマートフォンなどのデジタル機器において、インターネットからコンテンツを取得する製品が増えてきている。インターネットには膨大な数のコンテンツが存在しており、この中からユーザーの興味に合うコンテンツを簡単な操作で探すことのできる検索手段が求められている。

東芝は、限られた入力手段しか持たないデジタル機器において、適切なインターネットコンテンツを楽しんでもらうことを標榜 (ひょうぼう) し、ユーザーの興味に近いコンテンツと、ユーザーの興味の幅を広げるコンテンツの両方へ誘導できる情報検索ナビゲーションシステムを開発した。このシステムではユーザーの利用シーンとして次の2種類を想定する。

(1) ユーザーの興味に近いコンテンツへの誘導 ある

キーワードに対してユーザーが強い興味を抱きなんらかの目的を持っている場合である。興味のきっかけとなるキーワードが同じであっても、そのきっかけに対して持つ目的はユーザーによって様々である。例えば、TVでイタリア料理の番組を視聴しているユーザーがイタリア料理について興味を持ったとする。この場合、“イタリア料理のレストラン”を検索するユーザーもいれば、“イタリア料理のレシピ”を検索するユーザーもいる。パソコン (PC) であれば、ユーザー自身が“レストラン”や“レシピ”などのキーワードを追加することで具体的な検索条件を指定できるが、キーボードを持たないデジタル機器では文字入力が困難である。そこで、このシステムでは目的に沿って

ると推測されるキーワードを選択肢として次々にユーザーに提示し、システムからの提示とユーザーの選択を繰り返すことで、ユーザーを興味に合致するコンテンツへ漸近的に誘導する。

(2) ユーザーの興味の幅を広げるコンテンツへの誘導

キーワードについてユーザーの興味が弱く目的を持っていない、あるいは、それまで持っていた興味が薄れた場合である。あるキーワードに対してユーザーの興味が薄れたとしても、関連する別の対象には興味を抱くことがある。例えば、イタリア料理のレシピについて検索するうちにイタリア料理で使われる食材について深く調べたくなる。PCであれば改めて検索をやり直すことができるが、前述の場合と同様にデジタル機器ではやり直しの操作が困難である。

このシステムでは検索中の対象に関連する異なるキーワードを選択肢として提示し、ユーザーの興味の幅を広げるコンテンツへ誘導する。

キーワードの連想による情報検索ナビゲーションシステムは、これまでも数多く研究されてきた。しかし、いずれの手法も膨大な数のキーワードについて連想の関係性を表現した巨大な辞書が必要であった^{(1), (2), (3)}。システムを実運用する際には、辞書の肥大化は運用コストの増大を招く。したがって、このシステムでは、辞書のデータサイズを小さくすることによる、運用コストの軽減も目標にしている。

2 情報検索ナビゲーションへの創発の考え方の導入

当社は創発の考え方をを用いることで、小さな辞書でも前述の利用シーンに対応できると考えた。まず創発の考え方について述べる。

2.1 創発とは

単純なルールに基づいて行動する個体が複数集まって、全体が複雑な挙動を示すという考え方を“創発”と呼ぶ⁽⁴⁾。主に動物行動学を中心に研究されている概念であり、植物の花弁の数がフィボナッチ数列になることが多い理由を数学的に証明した A.M.チューリングの論文が有名である⁽⁵⁾。

創発では単純なルールだけを持つ“個の挙動”と個の挙動の組合せによって構成される“群の挙動”の二つの側面から行動系をとらえる。例えば、鳥の群れの飛行を創発の考え方をを用いてモデル化すると次のように説明できる⁽⁶⁾。まず、群れの飛行という行動系における個の挙動は群れを構成する個々の鳥の飛行であり、次の三つのルールを満たす行動として定義する。

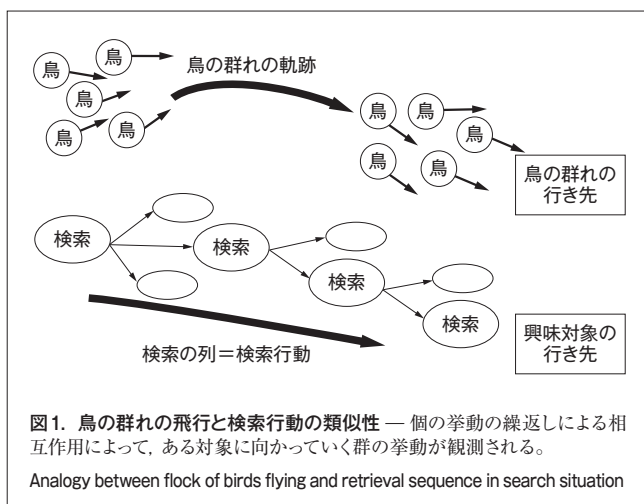
- (1) 近くの鳥や障害物との衝突を避ける。
- (2) 近くの鳥に速さと方向を合わせようとする。
- (3) 群れの中心に向かって飛ぼうとする。

個の挙動はいくつかの単純なルールに基づいて決定され、各ルールは近隣の個体（鳥）どうしが互いに影響を与え合うように規定されている。

次に群の挙動は群れ全体の飛行であり、各個体間で与え合う影響が近隣の個体を通して群れ全体に伝播（でんぱ）することで群の挙動が決定される。言い換えれば、個々の鳥がルールに基づいた個の挙動を繰り返し行うことで、複数の個の挙動の相互作用の結果、ある方向へ群れ全体が飛行するという群の挙動が観測される（図1）。

2.2 創発による検索行動のモデル化

次に、検索キーワードを変えながら繰り返し検索する行動（以下、“検索行動”と呼ぶ）を創発の考え方をを用いてモデル化



する。

2.2.1 個の挙動 このシステムでは検索行動における1回の検索を個の挙動とし、ユーザーが最初の検索を行ってから興味対象にたどり着くまでの一連の検索条件の推移として検索行動をとらえる。

様々な検索行動を観察すると、多くの場合、検索条件はシンプルなパターンで推移する。例えば、レストラン検索で“港区 AND ランチ”という検索条件を指定したユーザーは、次に具体的な地名をイメージして“浜松町 AND ランチ”のような検索条件を指定するか、具体的な料理名をイメージして“港区 AND カレーライス”のような検索条件を指定する。港区、浜松町はいずれも地名であり、ランチ、カレーライスはいずれも料理名である。このように、レストラン検索では、地名と料理名という組合せは変わらず、その組に属する適切なキーワードを選びながら検索している。

そこで、“レストラン検索において地名が指定されたら次は料理名を提示する”といった典型的な検索条件の遷移パターンを抽出し、“遷移ルール”と定義する。ここで、レストラン検索のような検索の領域を“検索ドメイン”と呼び、地名や料理名のような単語の上位概念を“意味属性”⁽⁷⁾と呼ぶ。つまり遷移ルールとは、ある時点における検索とその次に行うであろう検索について検索ドメインと意味属性の組合せの推移を表したものである。

ユーザーが検索を行うたびに適切な遷移ルールが発現し、ユーザーに対して複数の選択肢を提示する。遷移ルールは個の挙動を決定するための単純なルールである。

2.2.2 群の挙動 遷移ルールに基づいて検索条件を変化させながら個々の検索（個の挙動）を繰り返すことにより群の挙動として検索行動が実現される。

先の例において、“港区 AND ランチ”の次に“浜松町 AND ランチ”と検索したユーザーが、“浜松町 AND カレーライス”のように検索する場合がある。“浜松町 AND カレーライス”という検索キーワードには最初に指定していた“港区”も“ランチ”も含まれておらず、直前に指定していた検索キーワード（浜松町）だけが含まれている。そこで、直前の検索で検索条件として指定されたキーワードを直後の検索に引き継ぐこととし、それより以前に指定されたキーワードは破棄する個の挙動をルールとして加える。

先の鳥の例において近隣の鳥による個の挙動の相互作用が群の挙動に影響を与えていたことと同様に、近隣の検索での個の挙動の相互作用としてキーワードが引き継がれて群の挙動である検索行動に影響を与える。

2.3 遷移ルールによるナビゲーション空間の構築

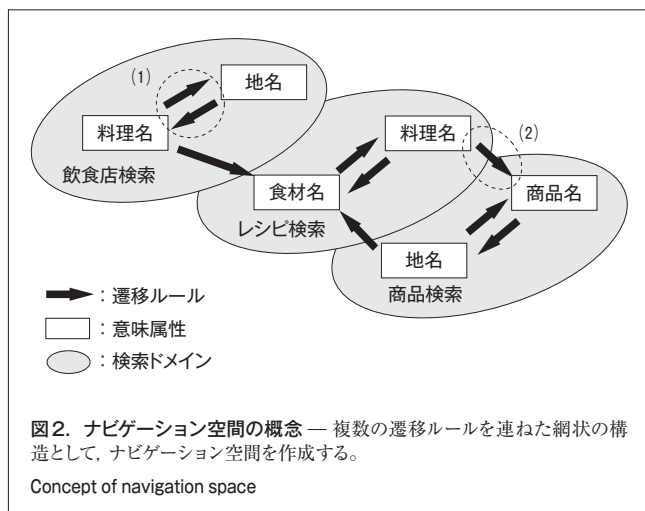
複数の遷移ルールを連ねることで検索の繰返しが発生するため、代表的な検索行動を観察して複数の遷移ルールを作成し、各遷移ルールを連ねた網状の構造を生成する。以降では

遷移ルールによる網状の構造を“ナビゲーション空間”と呼ぶ。例えば、実際にレストラン検索を数回行い、その検索行動に含まれている意味属性の推移のうち出現頻度の高いものを遷移ルールとしてナビゲーション空間に登録する。代表的な検索行動だけを元に遷移ルールを作成するが、遷移ルールに基づいた個の挙動からは様々な群の挙動（検索行動）をも構築可能である。ナビゲーション空間の例を図2に示す。

ナビゲーション空間は次に述べる2種類の遷移ルールが存在するように構築する。

一つ目は図2(1)のように、同一の検索ドメイン内で少数の遷移ルールがループ状に連なった構造であり、ユーザーはいくつかの同じ意味属性の間を巡回する。このような遷移ルールを用い、ユーザーが目的を持っている場合に対応させる。例えば、レストランを探すという目的についてはレストラン検索において地名と料理名で構成されたループをたどり、料理を作るという目的についてはレシピ検索において食材名と料理名で構成されたループをたどる。

二つ目は図2(2)のように、複数のループの間を結ぶ遷移ルールであり、ユーザーが目的を持っていない場合に対応させる。この遷移ルールを用意することにより、レストラン検索でのループをたどっていたユーザーに対して、検索中の料理に関係する食材で料理を作るといった新たな目的を提示し、レシピ検索でのループへ誘導することができる。



3 検索行動のフィードバック

3.1 好奇心レベルの定義

更に個の挙動の相互作用に変化を持たせるために、ユーザーの使用履歴をフィードバックしてナビゲーション空間のチューニングを行う仕組みを導入する。

ここで、ユーザーの好奇心レベルと遷移ルールの好奇心レベルを定義する。まず、ユーザーの好奇心レベルとはユーザー

が直近にたどった遷移ルールについてどの程度の興味を持っているかを表す値である。次に、遷移ルールの好奇心レベルは遷移ルールが持つ値であり、遷移ルールの好奇心レベルとユーザーの好奇心レベルの値が近いほど重要度が高い遷移ルールとして扱われる。以上により定義された重要度によって、例えば遷移ルールのループを回っているユーザーはそのまま回り続け、別のループから遷移してきたばかりのユーザーは更に移動することが多い、というような傾向を表現できる。言い換えれば、重要度を用いるとユーザーの目的の有無に応じて適切な遷移ルールを選ぶことができる。

3.2 好奇心レベルのフィードバック

複数提示された選択肢のうちでユーザーに選ばれた選択肢が適切な選択肢であることから、選ばれた選択肢の重要度は選ばれなかった選択肢よりも高くなっていることが望ましい。言い換えれば、その時点でのユーザーの好奇心レベルと選ばれた選択肢の遷移ルールの好奇心レベルが一致しているべきである。よって、システムは遷移ルールの好奇心レベルとユーザーの好奇心レベルが互いに近づくようにフィードバックを行う。逆に、提示されたにもかかわらずユーザーに選択されなかった選択肢については、ユーザーの好奇心レベルと遷移ルールの好奇心レベルが離れるようにフィードバックを行う。

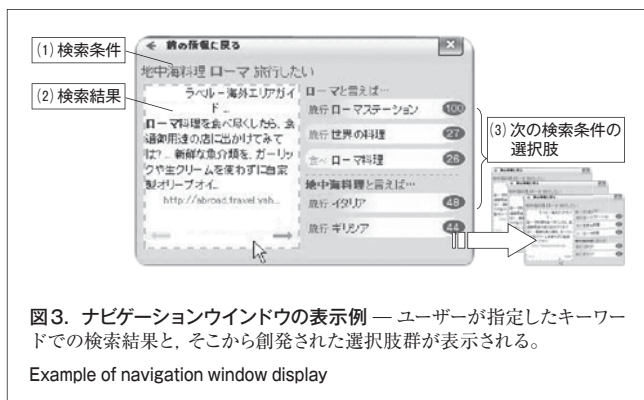
ある遷移ルールの重要度が下がることは、ほかの遷移ルールの重要度が相対的に上がるということでもある。また、あるユーザーの好奇心レベルにおいて重要度が下がることは、異なるユーザーの好奇心レベルにおいて重要度が上がることを意味する。つまり、実際にはユーザーに提示されていないはずの遷移ルールについてもフィードバックの効果が得られ、ナビゲーション空間全体が自動的にチューニングされる。

4 適用例

4.1 開発したナビゲーションシステム

TV番組の説明文の中からユーザーが選択したキーワードを最初の検索キーワードとし、その検索キーワードに関連する情報を記述した“ナビゲーションウインドウ”と呼ぶ小窓をWebページ上に描画するよう、ナビゲーションシステムを構築した。検索ナビシステムは、ユーザーがクリックしたキーワードを用いて事前検索を行い、検索結果内のテキストに含まれるキーワード群を抽出し、2章のモデル化に基づく遷移ルールを発動させる。結果、ユーザーが選択したキーワードから次のキーワードの選択肢が創発され、検索結果とともにナビゲーションウインドウ上に表示される。

ナビゲーションウインドウの表示例を図3に示す。ユーザーが図3(3)の選択肢から一つを選ぶたびに、ナビゲーションウインドウの内容は新しい情報で上書きされる。例えば、“旅行世界の料理”をクリックすると、図3(1)には“ローマ 世界の料

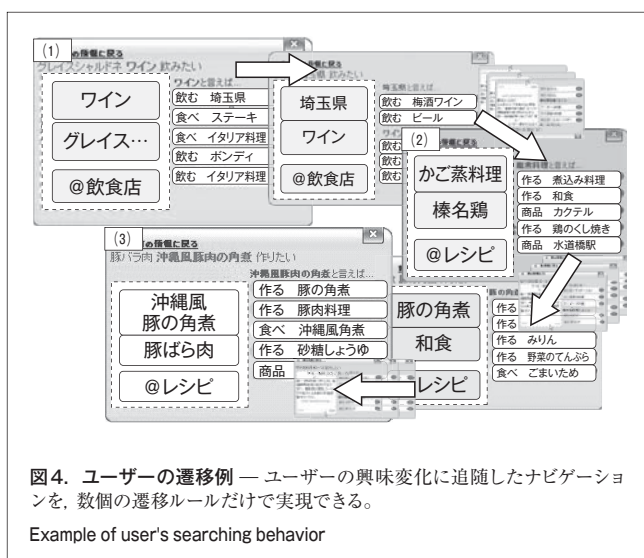


理 旅行したい”，図3(2)には“ローマ AND 世界の料理”で旅行（ツアー）検索を行った検索結果，図3(3)には選ばれた選択肢から創発された更に次の選択肢が表示される。このユーザーインタフェースを通じてユーザーとシステムは提示，選択，及び検索を繰り返す。

4.2 ナビゲーションの実例

ユーザーによって実際に行われた検索行動の観測例を図4に示す。当初，飲食店検索でワインについて検索（図4(1)）していたユーザーは，飲食物名と地名のループをしばらく回っているが，図4(2)の遷移でレシピ検索における料理名と食材名のループに誘導されている。更に，ループを回りながら豚の角煮について検索し，最終的には沖縄風豚肉の角煮のレシピ（図4(3)）に誘導された。

この例では6個の遷移ルールだけが用いられており，個々のキーワードの関連性を検索ドメインごとに辞書に登録することなくナビゲーションを実現できた。なお，このシステムにおいて当社が用意した辞書は，112種類の検索条件クラスと137種類の遷移ルールであり，6か月の使用において問題なく検索行動を表していることを確認した。



5 あとがき

当社のインターネットサービスにおける自然言語処理技術及び集合知処理技術を応用し，デジタル機器に最適な情報検索ナビゲーションシステムを低コストで実現した。様々なデジタル機器に適用可能であり，ユーザーが気軽にインターネットのコンテンツを楽しむことができるようになることを期待している。

今後は実際のデジタル機器へ向けて適用するとともに，適用した創発モデルの改良を行っていく。

文 献

- (1) 酒井哲也，ほか. クリックスルーに基づく探検型検索サイトの設計と開発. 第7回情報科学技術フォーラム. 2008, 第2分冊, p.1-3.
- (2) (株)プリファードインフラストラクチャー. “連想検索エンジン reflexa”. <<http://labs.preferred.jp/reflexa/>>. (参照2009-10-16).
- (3) 小山聡，ほか. 情報ナビゲーションへの連想ルールの適用. 電子情報通信学会論文誌. D-I, 情報・システム, I-情報処理. J84-D-I, 8, 2008, p.1266-1274.
- (4) Langton, C.G. "Life at the Edge of Chaos." Artificial Life II:Proc. of The Workshop On Artificial Life Held February, 1990 in Santa Fe, New Mexico. II, 1991, p.41-91.
- (5) Turing, A.M. On computable numbers, with an application to the entscheidungsproblem. Proc. of The London Mathematical Society. 2, 42, 1937, p.230-265.
- (6) Reynolds, G.W. Flocks, Herds, and Schools:A Distributed Behavioral Model. Computer Graphics. 21, 4, 1987, p.25-34.
- (7) 岡本昌之. 映像ブックマーク検索における字幕からの検索キーワード推定. 情報処理学会研究報告. 2007, 41, 2007, p.35-42.
- (8) 竹安 功，ほか. 創発の考え方に基づく情報検索ナビゲーション. 情報処理学会シンポジウムシリーズ. 2009, 8, 2009, p.45-50.



竹安 功 TAKEYASU Isao

ネットワークサービス事業統括部 事業開発部。
デジタルプロダクツや社会インフラシステムへのネットワーク技術を活用した新規事業の開発に従事。
Business Development Dept.



藤野 剛 FUJINO Go

ネットワークサービス事業統括部 事業開発部参事。
デジタルプロダクツや社会インフラシステムへのネットワーク技術を活用した新規事業の開発に従事。情報処理学会会員。
Business Development Dept.



小山 徳章 KOYAMA Noriaki

ネットワークサービス事業統括部 事業開発部長。
デジタルプロダクツや社会インフラシステムへのネットワーク技術を活用した新規事業の開発に従事。情報処理学会会員。
Business Development Dept.