

利用者の経験に基づいた個人コンテンツ検索・推薦のモデル

A Model for Searching and Recommending Personal Contents Based on Experiences of Users

牛尼 剛聡[▼] 渡邊 豊英[◆]

Taketoshi USHIAMA Toyohide WATANABE

従来の個人コンテンツ管理機構の多くは対象とするコンテンツの形式を限定したものが多く、多様な形式のコンテンツを統合的かつ効果的な管理が困難であった。また、個人コンテンツの効率的な活用のためには客観的なメタデータの利用のみでは不十分であり、生成コンテキストと利用コンテキストに基づいた管理が必要であるが、それらを統合的に管理することができない。本論文では、コンテキストに基づいて多様な形式の個人コンテンツを統合的に検索・推薦するためのモデルを提案する。提案モデルはコンテンツ、経験、主体の3種類のユニットから構成され、個人コンテンツのコンテキストは経験として表現される。ユニットはコンテナを利用して分類され、コンテナ間にランキング関数が定義される。ランキング関数を組み合わせることにより、利用者のコンテンツ検索と推薦に対する多様な要求に対応できる。

Most of conventional techniques can only support a few types of contents, and can not manage various types of contents in a unified manner. A user cannot manage contents effectively with only objective meta-data, because context information about generating and using personal contents is necessary to manage them efficiently. However, general frameworks for supporting such context information are not proposed. In this paper, we propose a data model for searching and recommending various types of personal contents a unified manner based on their context. This model consists of three kinds of modeling units: contents, experiences, and persons, and the context of personal contents are expressed as experiences. Units are classified into containers, and a ranking function is defined between two containers. Combinations of ranking functions can represent various requirements for searching and recommending personal contents.

1. はじめに

近年、個人が監理するデジタル・コンテンツの飛躍的な増加に伴い、個人コンテンツの管理の重要性が高まり、活発に研究が行われている[1]。大量の個人コンテンツの管理を行うための代表的な機構としてデスクトップ検索がある。無償のデスクトップ検索ツールがGoogle, Yahoo等から提供され、

広く普及している。これらのデスクトップ検索ツールでは、テキスト検索技術を利用して、個人のファイル領域やメールボックスを高速に検索する。この手法は、電子メールや事務文書といったテキストデータが中心のコンテンツに対して有効生が高い。テキスト以外のイメージ、ビデオ、音といったマルチメディア型のコンテンツの検索には手動で付加されたメタデータやファイル名を利用した検索を前提としている。利用者は、撮影された状況や出来事に関連する単語を索引語にして検索することを期待するが、画像やビデオなどのデータの内容を自動的に認識することは困難であるため、利用者の要求を満足できないことが多い。また、利用者にとってはコンテンツそのものの特徴ではなく、それに付随するコンテキストを利用して検索したい場合がある。しかし、現在のデスクトップ検索ツールではそうした要求に十分に対応できていない。

本研究の目的は多様な形式の個人コンテンツを効率的かつ効果的に管理するための統合的な基盤を設計することである。本論文では経験という視点から個人コンテンツを管理する枠組みとしてExperience-Web (X-Web) を提案する。X-Webは個人の経験に基づいて多種多様なコンテンツを統合的に組織化するためのデータ構造と操作を提供し、高度な個人コンテンツの検索、推薦を実現する。

X-Webが想定する環境では、個人単位で自己のコンテンツを蓄積するリポジトリとそれを管理するシステムが存在する。管理システムはインターネットに常時接続され、必要に応じて、インターネット上の他の管理システム間でクエリやコンテンツを送受信する。本研究では簡単化のため、個々の利用者が管理するコンテンツを始めとする必要なデータは全て集約化され、自由に利用可能であることを前提とする。分散環境での実現方法、スケーラビリティ、プライバシーに関する問題は重要な問題であるが、本論文では議論の対象としない。

2. 個人コンテンツの検索と推薦の枠組み

検索は利用者がクエリとして与えた概念と検索対象となる個人コンテンツ集合の重み付けと考えられる。重みが大きいコンテンツほど、利用者が与えた概念との関連が強く、利用者の検索要求に合致すると期待される。推薦の場合は、利用者はクエリを明示的に指定しないが、利用者自身を何らかの特徴量として表現し、それに対して検索対象を重み付けたがって、検索と推薦は共に概念や特徴量に対する検索対象の重み付けとして一般化できる。

クエリと検索対象の重み付けは直接行えるとは限らない。複数の概念の連想的な連鎖によって間接的に重みづけることも可能である。X-Webでは直接的又は間接的な重み付けによって検索と推薦を行う。この枠組みを以下に定義する。

システムが対象とするコンテンツ、利用者、概念などのモデル化の基本的な要素をユニットと呼ぶ。ユニットの集合をコンテナと呼び C_i と表記する。いま、 n 個のコンテナから構成される系列 $\langle C_1, \dots, C_n \rangle$ を考える。 i 番目のコンテナ C_i 内のユニットから、 $i+1$ 番目のコンテナ C_{i+1} 内のユニットに重みを設定する。コンテナ C_i 内のユニットを u_j^i と表記するとき、 u_j^i から u_k^{i+1} への重みを w_{jk}^i と表記する。コンテナ系列の最後尾のコンテナ C_n が検索(推薦)対象となるコンテンツ集合であり、先頭のコンテナ C_1 がクエリの条件を表現する

[▼] 正会員 九州大学大学院芸術工学研究院
ushiama@design.kyushu-u.ac.jp

[◆] 正会員 名古屋大学大学院情報科学研究科
watanabe@is.nagoya-u.ac.jp

ために利用する概念を表す．先頭のコンテナ C_1 の要素に対しては初期値を与え， u_j^1 に対する初期値を w_j^0 と表記する．コンテナ系列と重みが定義された後に，重みを伝搬させて最後尾のコンテナ C_n の全ての要素の重みを計算する．最後尾コンテナ内のユニット u_i^n の重み w_i^n が，利用者のクエリに対する適合度を表し，式(1)に基づいて計算する．式(1)は検索対象の重みはクエリを表す概念から検索対象のコンテンツへの全ての経路に対して重みを伝搬させた総和であることを表している．

$$w_i^n = \sum_j \sum_k \dots \sum_l w_j^0 w_{jk}^1 \dots w_{kl}^{n-1} \quad (1)$$

図1に上記の枠組みを表す概念図を示す．円がユニットを表し，長方形がコンテナを表す．

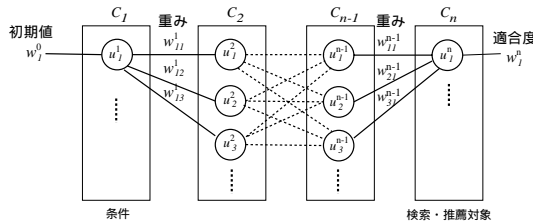


図1 X-Webにおける検索と推薦の枠組み

Fig.1 The framework for searching and recommending on X-Web

図2に電子メールに含まれている時間表現を利用して，間接的にキーワードから写真を検索する例を示す．この検索は，メールに含まれている時間概念と写真の撮影時刻を対応付けることにより，アノテーションを行わずにキーワード検索を実現する[2]． C_1 は検索語を表すコンテナである． C_2 は電子メールメッセージを表すコンテナである． C_3 は電子メール中に現れる時間概念を表すコンテナである． C_4 は検索対象である写真を表すコンテナである．

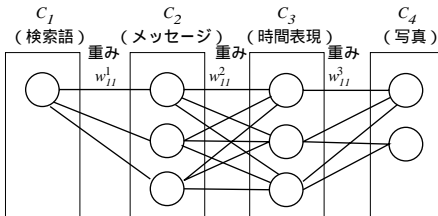


図2 電子メールメッセージを介した写真検索の例

Fig.2 An example of image search based on e-mail messages

図3に推薦を行う例を示す．現在一般的に利用されている推薦手法は協調フィルタリングと内容に基づくフィルタリングとに大別できる．協調フィルタリング[3]は他者の評価に基づいて，未知のコンテンツを推薦する手法である．図3は協調フィルタリングの一種と考えられる． C_1 は推薦される人物を表すコンテナである． C_2 は推薦される人物が既知の楽曲からなるコンテナである． C_3 は推薦の基準となる他者を表すコンテナである． C_4 は未知の楽曲を表すコンテナである．この例で，重さを適切に設定することにより，GroupLens[4]の協調フィルタリングと同様の結果を得ることができる．

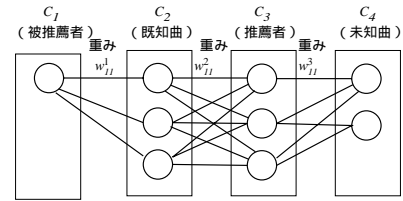


図3 協調フィルタリングによる楽曲推薦の例
Fig.3 An example of music recommendation by collaborative filtering

3. X-Webのデータ構造

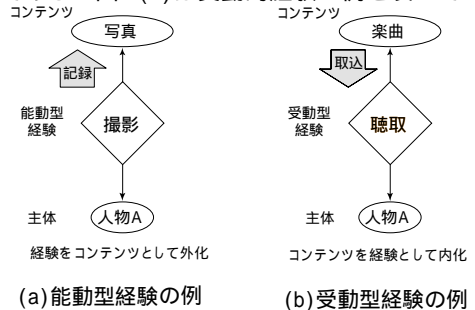
ここではX-Webのモデル化のアプローチとデータ構造について説明する．

3.1 個人コンテンツの役割に基づく経験の分類

個人コンテンツは利用者が個人で管理，利用するコンテンツである．個人コンテンツが果たす役割は以下の2種類に大別できる．

1. 自身の体験や考えを記録する．
2. コンテンツから知識を得る．または，それを視聴して楽しむ．

個人コンテンツは経験によって管理する主体(個人)と関連づけることができ，上記の個人コンテンツの役割の違いに基づいて，経験は能動的経験と受動的経験の2種類に分類できる．能動的経験は個人コンテンツに記録される体験である．能動的経験は利用者の経験をコンテンツとして外化するものである．図4(a)は能動的経験の例を表している．受動的経験はコンテンツから知識を得たり視聴したりして楽しむ体験である．受動的経験はコンテンツを自身の経験として内化するものである．図4(b)は受動的経験の例を表している．



(a) 能動型経験の例 (b) 受動型経験の例

図4 コンテンツと経験の関係

Fig.4 Two types of relationships between content object and experience

X-Webではコンテンツとして記録される主体の能動的経験と，コンテンツを利用する受動的経験を蓄積し，個人コンテンツの検索・推薦に利用する．蓄積する能動的経験の代表的な例としては，「写真の撮影」，「電子メールの送信」，「ファイルの保存」等がある．蓄積する受動的経験の代表的な例としては，「Webページの閲覧」，「TVの視聴」，「楽曲の聴取」などがある．

3.2 データ構造

本節ではX-Webのモデル化要素とデータ構造を定義する．

3.2.1 ユニット

X-Webにおけるモデル化の基本単位はユニットである．ユニットはコンテンツ，経験，主体の3種類に分類される．コンテンツを3項関係 $c = (cid, data, A_c)$ として定義する．ここで， cid はコンテンツ識別子を表し， $data$ は管理対象となる

コンテンツ本体に対する参照を表し、 A_c は属性を表す。属性は属性名 a_i と値 v_i の組の集合 $A_c = \{(a_1, v_1), \dots, (a_n, v_n)\}$ である。属性の値としては、文字列、数値が利用できる。経験は $e = (eid, c, p, t, A_e)$ として定義する。ここで eid は経験識別子、 c はコンテンツへの参照、 p は主体への参照、 t は時刻、 A_e は属性を表す。主体は $p = (pid, A_p)$ として定義する。ここで、 pid は主体識別子、 A_p は属性を表す。

図5に3種類のユニットの参照関係を図的に表現した例を示す。コンテンツは正方形、主体は楕円形、経験は菱形で表現している。経験からのコンテンツと主体への参照は矢印として表現している。

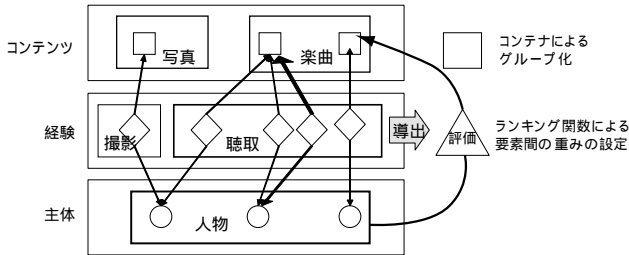


図5 X-Web のデータ構造の例

Fig.5 An example of the data structure of X-Web

3.2.2 コンテナ

2章で述べたようにコンテナはユニットをグループ化し集合として扱うために利用され、 $C = (cname, \{u_1, \dots, u_n\})$ と定義する。ここで、 $cname$ はコンテナ名、 $\{u_1, \dots, u_n\}$ はユニット集合である。全ての主体ユニットからなる集合を表すコンテナを「主体」、全ての経験ユニットからなる集合を表すコンテナを「経験」、全てのコンテンツユニットからなる集合を表すコンテナを「コンテンツ」と表記する。図5における長方形はコンテナを表す。本手法で対象とするユニットは「主体」「経験」「コンテンツ」のいずれかに所属する。

コンテナの要素を指定する方法には2種類ある。一つは明示的に要素を指定する方法であり、もう一つは条件を利用して要素を指定する方法である。条件を利用して要素を指定する場合、既存のコンテナ C の部分集合から、条件 $cond$ を満足するユニットから構成される集合を $C[cond]$ として表記する。例えば、主体に属性として国籍が定義されている場合、国籍が日本である主体を表すコンテナは (日本人, 主体(国籍=日本)) として指定できる。

3.2.3 ランキング関数

検索と推薦はクエリを表すコンテナから検索対象となるコンテナへの重みを計算することによって行われる。このために対応付け可能なコンテナの要素間に重みを設定する必要がある。そこで、コンテナ間の重みを表すためにランキング関数を導入する。ランキング関数は $(rname, C_s, C_t, W)$ として定義する。ここで、 $rname$ は関数名であり C_s は入力側のコンテナ (ソースコンテナ) への参照であり、 C_t は出力側のコンテナ (ターゲットコンテナ) への参照であり、 W はソースコンテナの要素とターゲットコンテナの要素に定義された重みの集合である。同一のコンテナ間に複数のランキング関数が定義できるため、同じ2個のコンテナ間にも複数の基準で重みを指定可能である。

図5における三角形はランキング関数を表している。頂点から出る線はターゲットコンテナの参照を表し、底辺から出

る線はソースコンテナの参照を表す。図5に示されている「評価」は人物の楽曲に対する評価を表すランキング関数である。ランキング関数の重み指定方法は4.2節で述べる。図6にX-Webのスキーマの例を示す。

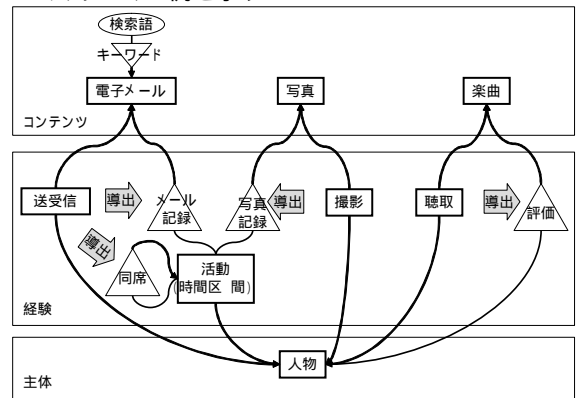


図6 スキーマの例

Fig.6 An Example of Schema

4. X-Web のクエリ操作

4.1 クエリパスによるクエリの表現

利用者が検索や推薦のクエリを実行する際に指定するクエリの表現方法について述べる。X-Webのデータ構造はコンテナをノードとランキング関数をエッジとする有効グラフとして表現できる。グラフ上の経路が指定されれば、重みを伝搬させるネットワークを構成できる。これは、利用者のクエリがグラフ上の経路として表現できることを意味する。この経路をクエリパスと呼ぶ。クエリパスは $\langle r_1, \dots, r_n \rangle$ と表記する。ここで、 r_i はランキング関数を表す。X-Webにおけるクエリはクエリパス $\langle r_1, \dots, r_n \rangle$ と先頭ユニットに対する重みの初期値 W_0 の組 $(\langle r_1, \dots, r_n \rangle, W_0)$ として表現する。

図6のスキーマ上で図2に示した電子メールメッセージを介した写真検索を行うためのクエリパスは、 $\langle \text{キーワード, メール記録, 写真撮影} \rangle$ と表現できる。一方、図3に示した楽曲推薦を行うためのクエリパスは、 $\langle \text{評価, 評価, 評価} \rangle$ この例は楽曲の協調フィルタリングを実現するためのランキングパスである。推薦される人物に初期値の重みを与え、楽曲との間で3回重みを伝搬させることにより、他者の評価に基づいた楽曲に対する重みを求められる。

4.2 ランキング関数の重み指定

ランキング関数の重み付けの手法は、手動による重み付けと自動的な重み付けに大別できる。人手による重み付けは、評価などを人手で明示的に指定して重みとして利用する手法である。この手法は有効であるが、コンテンツが大量になるにつれて利用者への負担も増大する。そこで自動的な重みの設定が重要となる。

X-Webではコンテンツだけではなく、コンテンツに関係する経験を管理する。経験は利用者のコンテンツに関するコンテキストを表現している。本手法では経験の属性を集約することにより、個人のコンテンツに関する利用コンテキストを推定し重みとして指定することができる。

重みの指定には集約関数を利用する。関数の引数となる属性は場合はドット式で記述する。例えば、再生オブジェクトの再生時間属性は、再生.再生時間と表記する。集約関数と

しては、要素の数を計算する COUNT, 指定された属性の合計を求める SUM, 平均を求める AVG 等がある。

パソコン上で動作するオーディオプレーヤーソフトには、再生回数が多い順番に再生する機能を有するものがある。これは聴取回数が多い楽曲は利用者が好んでいるという仮定に基づいている。いま、聴取回数を重みとして指定することを考える。経験として楽曲の再生操作が経験ユニットとして蓄積され、「再生」という名前のコンテナ集められているものとする。このとき、重みを COUNT[再生] として表現できる。このとき再生回数をユーザの評価とするランキング関数は (評価, ユーザ, 楽曲, COUNT[再生]) として定義できる。一方、再生回数ではなく再生時間をユーザの評価とすることも考えられる。経験が再生時間 playtime を属性として持つ場合、再生時間の総和をユーザの楽曲評価とするランキング関数は (時間評価, ユーザ, 楽曲, SUM[再生, playtime]) として定義できる。

文書、画像等のコンテンツ形式に対しては物理的な特徴利用してキーワードでランク付けすることも可能である。例えばテキストに対しては TF*IDF に基づいた重み付けが有名であり、Web ページに関しては、ページ間の参照関係を利用して重み付けを行う PageRank 等の手法が利用されている。近年これらの処理は API として提供されることが多くなってきている。本手法ではそれらの処理は外部関数として呼び出すことを想定している。

5. 考察

5.1 コンテンツ管理のアプローチの分類と本手法の位置付け

一般的にコンテンツを管理する手法は、(1) メタデータに基づく管理、(2) 物理的な特徴に基づく管理、(3) コンテキストに基づく管理の3種類に分類できる。

メタデータに基づく検索は、コンテンツのタイトル、作者、制作年月日、キーワード等というコンテンツの客観的な特徴をあらかじめコンテンツに付加しておき、それらに基づいて行う検索である。最も原始的なアプローチである。この手法には、メタデータを付与するための人的コストが大きいことがある。

物理的な特徴に基づく検索は内容検索と呼ばれる、コンテンツの物理的な特徴に基づいて行われる管理である。この手法はメタデータに基づく検索とは異なり、人的なコストは少ない。しかし、利用者の嗜好や、物理的な特徴から判断することが困難な特徴を反映することが困難である。また、物理的な特徴を利用して意味的な内容を評価することは困難である。

コンテキストに基づく管理は、コンテンツがどのような背景で生成され、どのように活用されたかという情報に基づいて行う管理である。コンテキストに基づく管理では、同一のコンテンツに対しても、利用者によって異なるコンテキストが与えられることがある。

本論文で提案した手法では、利用者の経験を蓄積しコンテンツ管理に利用する。経験はコンテンツの利用コンテキストを表しており、コンテキストに基づいたコンテンツ管理を行うための基盤として位置付けられる。

5.2 ライフログ管理システムとの比較

近年、個人の活動記録(ライフログ)を全て保存し統一的な管理を行うシステムが注目されている。代表的な研究とし

て MyLifeBits[5] がある。このシステムでは、Bush によって 1945 年に提案された Memex[6] を実現することを目標に、写真、メールなどを関連づけて検索やブラウジングを行う手法を提案している。しかし、この手法ではコンテンツ間の対応付けは固定的なものであり、本手法のような不確定さを考慮したランク付けを行うことはできない。また、従来のライフログ管理システムでは、コンテンツと経験を明確に分離していない。

6. おわりに

本論文では個人コンテンツ管理を目的とした枠組みとして X-Web を提案した。X-Web は経験に基づいて個人コンテンツに対する利用者の様々な検索・推薦要求に対応可能である。

今後、データ操作を中心に仕様の詳細を明確化し、プロトタイプシステムの実装、評価実験による有用性の評価を行う予定である。また、クエリパスを視覚的な操作で指定し、対話的にクエリを実行可能なブラウザを開発する予定である。

個人コンテンツの中にはプライバシーに関する情報を記録しているプライベートなコンテンツが存在する。しかし、プライベートなコンテンツであっても本人が個人的に利用するだけとは限らない。例えば、友人と旅行に行った際に撮影したスナップ写真はプライベートなコンテンツであると考えられるが、友人に対しても利用権を与えることは自然である。仲間同士でコンテンツを効果的に利用できることは個人コンテンツ管理システムに期待される最も重要な機能の一つであり、そのためにはプライバシー保護が重要である。今後、共有とアクセス権の管理にも対応可能となるように本手法を発展させる予定である。

【文献】

- [1] Teevan, J., Jones, W. and Benjamin, B. B.: "Personal Information Management", Comm. of ACM, Vol. 49, No. 1, pp.40-43 (2006).
- [2] 牛尼剛聡, 渡邊豊英: "ライフログ検索における時間粒度を考慮した索引付け", 情報処理学会研究会報告, Vol. 2005, No.68, pp.469-475 (2005).
- [3] Shardanand, U. and Maes, P.: "Social Information Filtering: Algorithms for Automating "Word of Mouth"", Proc. of CHI'95, Vol.1, pp. 210-217(1995).
- [4] Resnick, P., Iacovou, N., Suchak, M., Bergstorm, P. and Riedl, J.: "GroupLens: An Open Architecture for Collaborative Filtering of Netnews", Proc. of CSCW'94, pp. 175-186(1994).
- [5] Gemmell, J., Bell, G., Lueder, R., Drucker, S. and Wong, C.: "MyLifeBits: fulfilling the Memex vision", Proc. of ACM Multimedia'02, pp. 235-238 (2002).
- [6] Bush, V.: "As We Think", Atlantic Monthly, Vol 176, No. 1, pp. 101-108 (1945).

牛尼 剛聡 Taketoshi USHIAMA

九州大学大学院芸術工学研究院芸術情報部門助手。1999 名古屋大学大学院工学研究科情報工学専攻博士課程後期課程単位取得退学。博士(工学)。情報処理学会。電子情報通信学会、IEEE-CS, ACM 会員。

渡邊 豊英 Toyohide WATANEBE

名古屋大学大学院情報科学研究科教授。1974 京都大学大学院工学研究科修士課程修了。1975 同大学工学研究科博士課程中退。工学博士。電子情報通信学会(フェロー)、情報処理学会、日本ソフトウェア科学会、人工知能学会、システム制御情報学会、ACM、IEEE-CS、AAAI、AACE 各会員。