

Insightful Photo

— 撮影状況を反映する写真型次世代コンテンツ —

矢次 耕太郎[†] 藤村 直美[‡] 牛尼 剛聡[‡]

[†]九州大学大学院芸術工学府 〒815-8540 福岡市南区塩原 4-9-1

[‡]九州大学大学院芸術工学研究院 〒815-8540 福岡市南区塩原 4-9-1

E-mail: [†] yatsugi@gospel.aid.design.kyushu-u.ac.jp, [‡] {fujimura, ushiama}@design.kyushu-u.ac.jp

あらまし 近年、情報技術の発達とともに、デジタルコンテンツが急速に増加している。こうした中で、莫大なデジタルコンテンツをどのように有効的に活用するかが大きな問題となっている。これまでも、コンテンツ管理に関して多くの研究が行われてきたが、従来の管理方法では、ユーザが情報要求を有することを前提に、情報要求を満足するコンテンツを発見することを目的としている。コンテンツが洞察力を持ち、ユーザの明示的な要求がない場合でもユーザの興味を喚起するような提示方法が有効である。本論文では、デジタル写真を対象とし、上記のアプローチに基づいた Insightful Photo システムを提案する。本システムでは、写真の撮影状況をふまえてユーザの興味を引くスライドショーを自動的に構成する。

キーワード コンテンツ管理, GPS, デジタルカメラ, 位置情報,

Insightful Photo

— The New Style Content reflects Taking Photograph —

Kotaro YATSUGI[†] Naomi FUJIMURA[‡] and Taketoshi USHIAMA[‡]

[†] School of Design, Kyushu University 4-9-1 Shiobaru, Minami-ku, Fukuoka-shi, Fukuoka, 815-8504 Japan

[‡] Faculty of Design, Kyushu University 4-9-1 Shiobaru, Minami-ku, Fukuoka-shi, Fukuoka, 815-8504 Japan

E-mail: [†] yatsugi@gospel.aid.design.kyushu-u.ac.jp [‡] {fujimura, ushiama}@design.kyushu-u.ac.jp

Abstract Nowadays the number of digital contents is rapidly increasing with the development of information technology. One of the most difficult problems is how to utilize large amount of digital content effectively. Up to now, many researches for managing digital content have been proposed. In the conventional approaches, it is supposed that a user has a information requirement and a system aims to find out digital content objects which satisfy it. Recently environments, digital content objects are displayed as parts of daily life. In such an environment, it will be effective that digital content objects have insight and are presented for attracting users. In this paper, we introduces the insightful photograph system, which compose automatically attractive slideshow programs based on contents of digital photographs.

Keyword GPS, digital camera, location,

1. はじめに

近年、我々の周りにはデジタルコンテンツが急速に増加している。コンテンツの種類はテキスト、動画、音楽など様々であるが、中でも代表例として写真がある。デジタルカメラやカメラ付き携帯電話等の普及により、日常的に写真を撮影することが一般的になった。一般世帯におけるデジタルカメラの普及率は、2002年3月の25%であったが2008年3月には65%にまで増加している[1]。デジタルカメラは、フィルムカメラと比べ、ランニングコストが低く操作も容易である。デジタルカメラの所有者は従来とは比較にならない程、大量の写真を撮影している。また、従来のフィルム写

真では、撮影した後に現像してアルバムとして整理するのが一般的な利用方法であったが、デジタル写真では、ブログに用いる等、従来とは異なる利用目的に使われている。写真に興味のなかった人々も多く利用するようになった。様々な立場の人々が日常的に写真を撮影するようになり、毎日、莫大な数の新たな写真が誕生している。

写真コンテンツが急増するなかで、個人が莫大な数の写真を管理しなければならないことが問題となっている。莫大なコンテンツの有効活用を目的として、コンテンツ管理に関する様々な研究が行われてきた。

従来のコンテンツ管理の代表的な手法は、検索、ブ

ブラウジング、推薦の3種類に大別できる。検索とブラウジングでは、ユーザが何らかの情報要求があるという前提の下、情報要求を満足するコンテンツを発見することを目的とする。検索では、ユーザの情報要求をクエリとして表現する。ブラウジングでは、コンテンツを構造化して単純な操作でコンテンツにアクセス可能とする。一方、推薦では、ユーザはシステムに対して、情報要求に基づいたクエリや操作を明示的に与えず、ユーザプロフィール等に基づいてシステムがユーザに適したコンテンツを識別して提示する。これらはユーザの情報要求を満足することを目的としており、要求指向型のコンテンツ管理であると考えられる。要求指向型のコンテンツ管理では、図1のようにユーザが情報要求を有することを前提として、情報要求を満足するようなコンテンツを発見することが目標である。

要求指向型コンテンツ管理手法の写真における例として、撮影地点の位置情報を用いた写真管理手法がある。最近ではGPSを内蔵するカメラや携帯電話が普及した。これらを利用すると撮影と同時に撮影地点の位置情報(緯度経度)を写真にEXIF形式で書き込むことができる。Flickrでは撮影位置情報をExif形式で情報が埋め込まれた写真をアップロードすると、地図上の撮影位置に写真をマッピングして提示する。これは、撮影位置情報を用いた大量の写真を効率的に管理可能とする。この手法を利用することで、「特定の場所で撮影された写真が見たい」という要求や「ある写真が撮影された場所が知りたい」という要求応えることができる。これまで、要求指向型のコンテンツ管理にはパーソナルコンピュータが利用されることが多かった。コンピュータの操作は基本的に、マウスとキーボードを利用した能動的な動作を利用者に要求する。これは、ユーザにとって負担が大きい、情報を満足するためにユーザはその負担を受け入れている。ここでは、コンテンツは、ユーザの情報要求を満足させる情報源としての役割を担っている。

これに対し、非要求指向型のコンテンツ管理が必要な環境が広まっている。そうした環境の代表例として、デジタルフォトフレームがある。デジタルフォトフレームでは、個人が登録した写真を日常的に表示することを目的とする。写真はスライドショーで展示されるのが一般的である。ここでの写真は、ユーザの情報要求を満足させるために利用させるわけではない。ここでの写真の目的は、表示している写真にユーザが興味を持つことで、ユーザに快適さをもたらすことである。このような目的のためには、従来の管理手法とは異なったアプローチが必要である。従来から、写真のスライドショーによる提示は行われてきた。しかし、従来のスライドショーでは、ファイル名や撮影日時の順番

に表示する手法が一般的である。この手法は、閲覧者の興味をひきだすために最適化されているとは言い難い。また、写真以外に写真に関連する新しい情報を、閲覧者の意思無しに、提示するなど閲覧者に働きかけることに対応できない。こうした環境では、ユーザにとってのコンテンツの価値が重要となる。そのために、ユーザの興味を喚起できるようなコンテンツの提供を考える必要がある。ユーザのおかれている状況を洞察し、ユーザの快適さを向上させるコンテンツの提示が必要である。本研究では、洞察力を持ったコンテンツ環境であるInsightful Contentsの実現を目標とする。Insightful Contentsでは、ユーザに適合したふるまいによりコンテンツ自体の価値を高め、ユーザに興味を生まれさせる(図2)。本論文では、Insightful Contentsの中でも特に、情報の自動取得に関心の高い写真に注目したInsightful Photoについて述べる。

本論文の構成は以下の通りである。第2章で関連する研究を紹介する。第3章では、Insightful Photoの具体的な機能として、写真の撮影位置から写真の意味情報を自動的に取得しタグ付けし、写真間でのタグの共起から関連する写真をスライドショー形式で提示する手法の概要を示す。第4章では、撮影地とタグ情報の位置関係から関連度を調べるための選定手法を提案する。ここでは、写真とタグを仮想アンテナ、伝えられるタグ情報をアンテナ間で送受信されるメッセージと考え、距離関係により関連度を算出する。第5章で

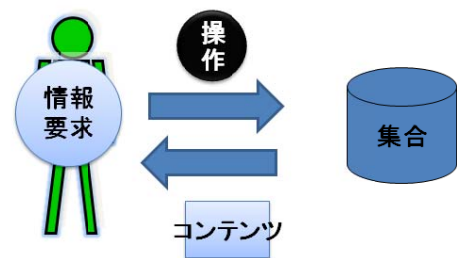


図1 要求指向型コンテンツ管理の概念図

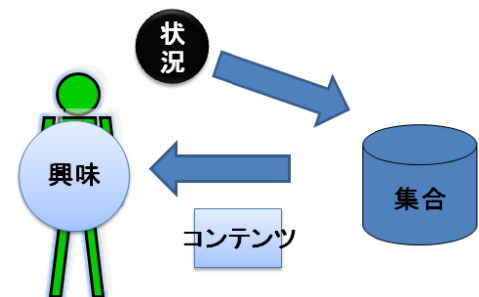


図2 Insightful Contents 環境の概念図

は、提案手法の後半について詳しく述べる。付加されたタグを元に、写真同士の関連性を導出する。ここでは、写真同士の関連度を、写真の持つタグ同士の Web 空間での共起の多さと考え、シンプソン係数により決定する。数値の高い組み合わせを優先した経路を構築し、スライドショーとして表示する。第 6 章でまとめと今後の課題を述べる。

2. 関連研究

撮影位置の記録についてはこれまでに多くの研究が行われてきた。

場ログ[3]では、撮影時の位置情報をもとに写真を管理し、閲覧する方法を提案している。ここでは、地図上に写真をマッピングしたインタフェースを提供している。これに対し本研究では、位置情報のみを活用するのではなく、位置情報からタグ情報を自動的に取得し、Web 検索を用いコンテンツ間の関連を導出する。

岩崎ら[4]は、姿勢情報に基づく写真への索引付加手法を提案している。ここでは、写真に索引を付加するために撮影地と、撮影時の撮影者の姿勢を利用する。地図データベースにキーワードと対応する位置情報が組で登録されているものとし、地図データベースのキーワードの位置と撮影地との距離や角度から関連性の高いキーワードを取得する。ユーザは提案される関連性の高いキーワードの中から適当と思われるキーワードを選択し、写真にタグ付ける。

藤田ら[5]は注視点を考慮したデジタル写真の検索インタフェースを提案している。撮影地点のみならず、撮影の対象（被写体）を注視点として考慮し、2 点間の位置関係から撮影ベクトルを定義している。ユーザは地図上のオブジェクトをクリックし、それを被写体を含む写真を閲覧する。クリックされた地点を注視点として、データベースに蓄えられた複数の撮影地点との間の撮影ベクトルを算出し、撮影ベクトルの妥当性から検索結果を提示する。岩崎らと藤田らの方法では撮影地（写真）にのみ指向性があり、キーワードや注視点について、その有効範囲を考慮できない。本研究では、撮影地とタグ情報の両方をアンテナとして定義し、アンテナには有効な範囲を定義している。これにより、写真とタグ情報の多様な関連性を表現する。

SpaceTag[6]は位置と時間の属性を持った仮想オブジェクトを、ユーザがモバイル端末から閲覧・作成できる公共の情報サービスシステムである。本システムでは、オブジェクトは特定の時間内で特定の場所からアクセス可能となる。提案手法は、オブジェクトに位置と時間の属性を持たせる点では SpaceTag と共通するが、写真を基盤とする点で異なる。SpaceTag では主に位置と時間の属性を持つ仮想オブジェクトシステム

の基礎開発が中心であり、応用例としてモバイル端末を用いた情報サービスの可能性をあげている。提案手法では、位置と時間による制限を与えた情報を必要とする場面として、写真閲覧を想定したサービスを目的としている。

Web 上の情報を用いたアーティスト間のネットワーク抽出[7]や Web マイニングを用いたネットワーク自動抽出システム[8]では、人間関係ネットワークを抽出するために、Web を知識として利用する。具体的には人物間の関連性を、Web 上で人名の共起に基づいて決定する。ここでは、Web 上での共起が多い人物ほど人物間の関連度が高いと考える。共起は Web 検索のヒット件数によって求め、関連度はシンプソン係数により求めている。本研究では、同様に Web を知識として利用して人物間ではなくコンテンツ間の関連度を求める。求めた関連度に基づいて提示方法を決定する。

u-Photo[9]では、ユビキタス環境における情報操作として、写真をインタフェース化するシステムを提案している。情報家電やセンシングエリアを撮影することで、操作対象と写真が結びつく。写真に写っているオブジェクトをタッチパネルで選択し操作する。提案手法では、ユーザの操作なしに自動的にコンテンツに協調動作をさせるという点で異なる。

3. Insightful Photo

本研究では、ユーザが管理するデジタルコンテンツをそれ自体の価値が高くなるような方法でユーザに提示する環境を目標としている。ユーザの興味に合わせ、写真や Web ページ、ニュース記事等の様々なデジタルコンテンツを意味的な連続性を有する構成で提示する。具体的には、ユーザにとって自然な流れを持ったスライドショー形式で提示するシステムを開発する。例えば、閲覧している写真が福岡で行われているお祭りの「博多どんたく」の「どんたく隊」の時、続いて同じ「博多どんたく」の「花自動車」の写真が提示される。続いて「博多どんたく」と同様に福岡市で行われる祭りである「博多祇園山笠」の写真が提示され、同じ福岡県の「筑後川花火大会」の写真が表示される。図 3 に上記の例を図として示す。

このように、写真同士の意味的な関係性から、ユーザにとって自然と思われる系列を構成できる。意味内



図 3 意味的な関連性に基づいたスライドショーの構成

容に基づいて写真を直列化する場合、1枚目と2枚目の関係と、2枚目と3枚目の関係が異なってもユーザーにとって違和感が生まれないことが多い。たとえば、観光用のバスである「はとバス」の写真から、バスの有名な「ロンドン」の写真を表示する。さらに「ロンドン」からオリンピックを共通のキーワードとして「北京」の写真を表示する。次に、北京では中華料理が有名であるから、中華料理の店「平和楼」の写真を表示する。このように、一見、地理的にも時間的にも無関係に思える写真同士の様々な関係性から新たな写真を様々な視点から関係づけることができ、その中から適切なスライドショーを構成する。

構成されるスライドショーは、ユーザーの活動やコンテンツの増加により変化する。たとえば、所有するコンテンツ内で、「大宰府天満宮」―「吉野ヶ里遺跡」―「九州国立博物館」というように「九州の歴史」についての関連性が存在するとする。このとき、新たに「大阪天満宮」の写真が追加されると、「大宰府天満宮」―「大阪天満宮」―「湯島天満宮」という「菅原道真」に関連する関係を考えられる。ここで、「九州の歴史」より「菅原道真」について写真同士の関係性が高い場合、「菅原道真」に関するスライドショーを構成する。このように、対象となるコンテンツ集合の変化により、ユーザーの嗜好に合うスライドショーの構成も変化する（図4）。

本手法は、ユーザーが撮影した写真に対して、空間上に配置された意味情報を表すタグを割り当てた上で、タグを用いたWeb検索を行い写真の関連性を調べ、ス

ライドショーを構成しユーザーに自発的に提示する。具体的には以下の2ステップから構成される（図5）。写真に付加されるタグが地理空間上に登録されている状況において、GPSを内蔵するデジタルカメラで撮影した写真に対して、写真の撮影時間や位置情報から写真に最適なタグを選定し、自動的にタグ付けを行う。この手法に関する詳細は第4章で述べる。関連付けられたタグから関連性をもとにコンテンツのふるまいを決める。ここで、Webを関連付けの際の知識として利用する。この手法に関する詳細は第5章で述べる。

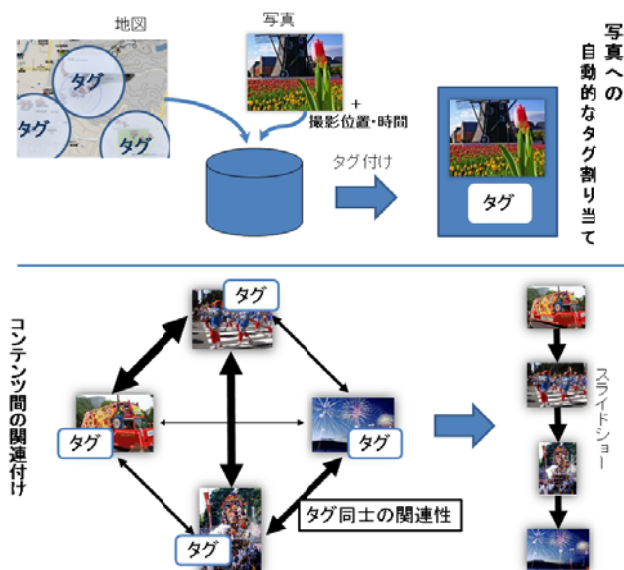


図5 提案手法の概要

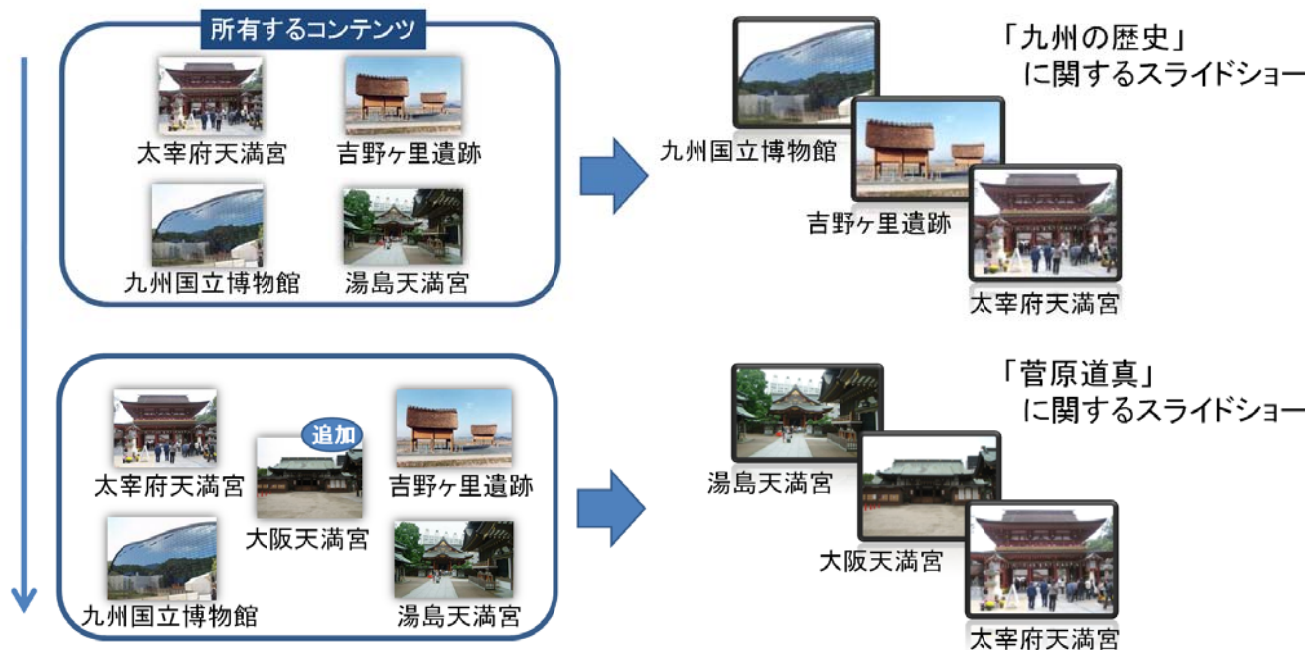


図4 スライドショーの変化

4. コンテンツへの自動的なタグ割り当て

4.1. 手法

本研究では、コンテンツに対してタグを自動的に関連付けるために仮想アンテナモデルを利用する。仮想アンテナは地理空間上の一点に存在し、情報の送受信を行う。複数のアンテナは空間内の位置関係によって結びつき、距離や時間により関連度に変化する。これらがコンテンツとタグとの関連性の有無と強弱となる。一定距離内であれば関連するとし、距離が近いほど関連性も高い。また、一定時間だけ関連性を持つような情報管理も可能である。

アンテナモデルに基づくタグ付けの全体像を図6に示す。撮影地点の緯度経度及び撮影時刻を有する写真を対象とする。こうした写真は、GPS 内蔵のデジタルカメラを利用することで簡単に作成可能である。写真閲覧と通信が可能な端末、写真の ID と緯度経度が蓄えられる写真データベースとタグ情報と緯度経度の蓄えられたタグ情報データベースから構成される。ユーザが端末に写真を取り込むと、写真の撮影日時と撮影地の緯度経度がサーバの写真データベースに登録され、サーバから写真に ID が割り振られる。ユーザが写真を閲覧時、端末はサーバに写真の ID とクエリを出す。受け取ったタグ付与サーバでは ID に基づいて写真データベースから撮影情報と緯度経度を読み込み、タグデータベースと参照、関連度を算出する。関連度の高いタグを写真のタグとする。

撮影地とタグ情報を空間的に管理し関連付けるために、仮想アンテナを導入する。仮想アンテナは、実世界の撮影地とタグ情報を仮想空間上にマッピングするための基準となるオブジェクトである。仮想空間上での仮想アンテナ間ではメッセージとしてタグの受け渡しが行われる。仮想アンテナ間の距離やメッセージの受信状況から写真とタグ情報の関連度を決定する（図7）。

仮想アンテナは、タグアンテナとユーザアンテナに分類される。タグアンテナは一定の距離内（有効エリア）に対しタグ情報を発信する。一方、ユーザアンテナは、タグアンテナからタグを受信する。ユーザアンテナは写真撮影時に撮影地に仮想的に設置される写真の分身として働く。設置場所がタグアンテナの有効エリア内では、タグアンテナの発信するタグ情報を受信する（図8）。アンテナは永続的に存在するが、番組としてタグ情報が配信される時間と配信されない時間があり、また時刻により放送内容が変化する。写真に関連する情報は図8のようにタグアンテナからユーザアンテナを介し写真上に提示される。

情報を管理、選定するために、タグアンテナ、ユーザアンテナの2つのオブジェクトを定義する。

・タグアンテナ

$ta = (tid, lat, lng, tag, r)$

ここで、 tid はタグアンテナの識別子、 lat は緯度、 lng は経度、 tag は配信されるタグ情報、 r は配信半径である。

・ユーザアンテナ

$ua = (uid, lat, lng, t, pid)$

uid はユーザアンテナの識別子、 lat は緯度、 lng は経度、 t は撮影時間、 pid は撮影者の識別子である。

これらのオブジェクトにより情報の選定を行う。まず、ユーザアンテナ ua とタグアンテナ ta の直線距離 $d(ua, ta)$ を式(1)のように定義する。

$$d(ua, ta) = \sqrt{(ta(lat) - ua(lat))^2 + (ta(lng) - ua(lng))^2} \quad (1)$$

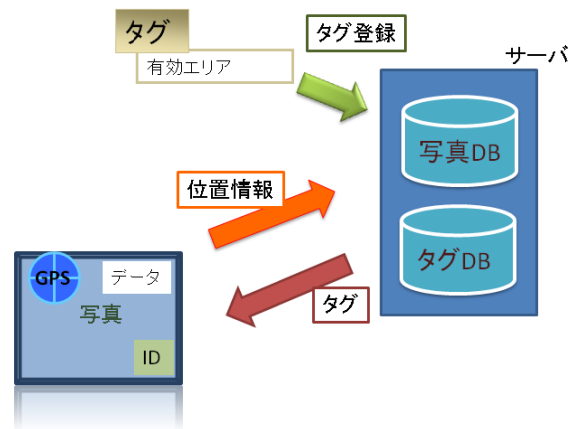


図6 タグの自動付加

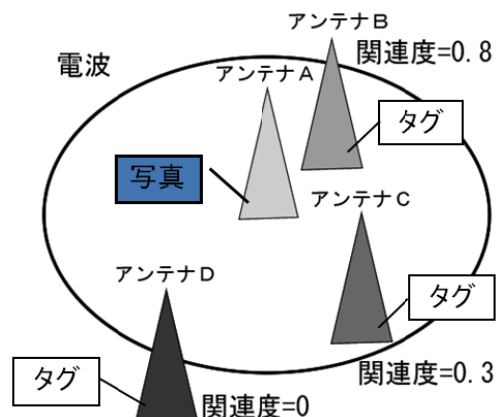


図7 仮想アンテナ

ユーザアンテナは受信できるタグ情報を探し出す。複数のタグアンテナが発信する複数のタグ情報に関して、すべてのユーザアンテナとの関連を調べる。そのためにまず距離を算出し、タグ情報の有効エリア内ならば($d(ua, ta) \leq ta(r)$)、ユーザアンテナはタグアンテナの放送圏内となる。ユーザアンテナは放送圏内の最も強いタグ情報のみを受信し、写真に対しタグ付けを行う。

4.2. プロトタイプシステム

写真と意味情報の対応付けが適切であるとして、登録した写真と意味情報の緯度経度に基づいて、関連性のある情報を、写真上に表示するプロトタイプを作成した(図9)。このプロトタイプでは、グーグルマップ上において、サーバ上に記録されている、写真と位置情報、タグ情報と位置情報を参照し、写真とタグの位置関係から、有効範囲内にある写真にのみタグ情報を表示している。そしてタグ情報の有効エリアの境界は円で表示される。

アンテナによるタグ付加の実験では、写真に対し適切なタグを、写真の撮影位置とタグの有効エリアの関から自動的に求め、表示可能である。

5. デジタルコンテンツ間の意味的な関連性の抽出

5.1. 手法

自動的にタグ付けが行われたデジタルコンテンツを対象に、コンテンツ間の意味的な関連性を導出する手法を述べる。さらに、導出された関連性に基づいてスライドショーを構成する手法を述べる。

関連性は、割り当てられたタグ文字列の Web 上の共起から決定する。例えば、A というタグを含んだ写真について関連する写真を見つけるとき、候補となる写真の持つタグの中から、Web 上で A と共起するタグを調査する。共起する頻度に基づいて関連度を決定する。

スライドショーの始点となる写真に割り振られたタグを用いて、関連する写真を提示する。写真の関連性を調べるために、候補となる写真の全タグ($x_1, x_2, x_3 \dots$)と、すべての組み合わせ($(x_1, x_2), (x_1, x_3), (x_2, x_3) \dots$)を考える。これらの組み合わせをクエリにすべて Web 検索を行いヒット件数を調査する。この結果に基づいて、タグ同士の関連性をシンプソン係数を利用して式(2)として計算する。

$$S(x_1, x_2) = \begin{cases} \frac{|P(x_1) \cap P(x_2)|}{\min(|P(x_1)|, |P(x_2)|)} & \dots (2) \\ 0 \end{cases}$$

ここで、 x_i はタグ文字列を表し、 $P(x_i)$ は x_i を含む Web ページ集合である。 $S(x_i, x_j)$ の大きいものほど、タグ同士の結びつきが強く、そのタグを意味として持つ写真同士の関連性も高いと考える。

いま、対象となる写真の集合があり、集合を構成するすべての写真を含むスライドショーを構成することを考える。そうしたスライドショーを構成するためには、対象となるそれぞれのデジタルコンテンツをノードとし、関連をエッジとするグラフにおいて、全ての写真を表すノードを巡回する関連性の高い経路を考える必要がある。デジタルコンテンツ間の関連性を枝の重みとした場合、経路の重みの和が最大となるような全てのノードを含む経路を発見する問題に還元できる。しかし、全ての組み合わせから最適解を求めるのは NP 困難である。このために近似解法として最近傍法(nearest neighbor method)[10]を用い、以下の手順で経路を決定する(図10)。

- (1) 全ての枝の重み($S(x_1, x_2), S(x_1, x_3), S(x_2, x_3) \dots$)のうち、閾値を超えないものは刈り込む
 - (2) 枝(タグ間)の距離 D を式(3)として求める
- $$D(x_1, x_2) = \frac{1}{S(x_1, x_2)} \dots (3)$$
- (3) 端点から他の点(過去に訪れた点は除く)まで D が最短のものを求める
 - (4) 全ての点をめぐり終えるまで(3)を繰り返す

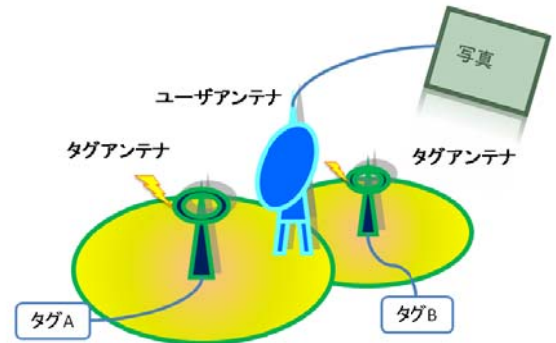


図 8 タグアンテナとユーザアンテナ

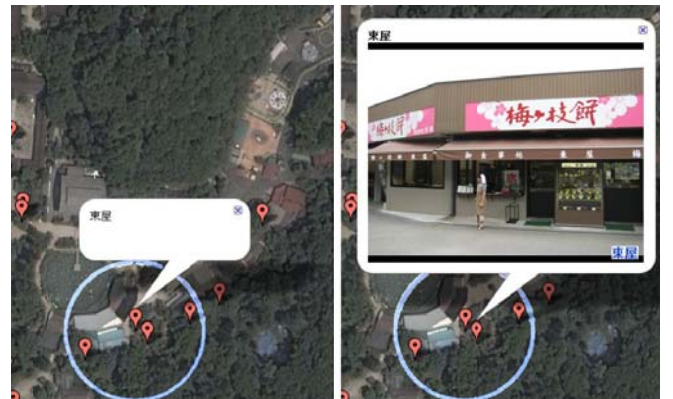


図 9 タグ表示 (タグアンテナとユーザアンテナ)

5.2. 具体例

4 枚の写真を対象として、スライドショーを構成する例を示す。それぞれの写真には、図 1 1 に示すようなタグが割り当てられているとする。それぞれの写真は、単一のタグが割り当てられている。コンテンツの組み合わせに対して、シンプソン係数からコンテンツ間の関連性を決めた。表 1 に結果を示す。

表 1 コンテンツ間の関連度の計算例

	タグ1	タグ2	シンプソン係数
1	はとバス	ロンドン	0.217
2	北京	平和楼	0.124
3	北京	ロンドン	0.091
4	北京	はとバス	0.069
5	平和楼	ロンドン	0.011
6	平和楼	はとバス	0.000

表 1 のように求まったコンテンツ間の関連度から、関連性の高い順に結んでいった結果を図 1 2 に示す。ここでは、連続するコンテンツ間に意味的な関連を考えることができ、自然な構成をもつスライドショーを構成できた。

6. まとめ

本論文では、ユーザの明示的な操作なしに、ユーザの興味に合うコンテンツを状況に合わせ違和感なく提供する環境を提案した。特に、コンテンツを個人の写真に特化して、ユーザにとって違和感のないスライドショーを自動生成する手法を提案した。写真からユーザの関心を洞察し、ユーザにとって連続性を認めることのできる自然な流れのスライドショーを提示する。今後、既存のスライドショーの枠組みを超え、様々な種類のデジタルコンテンツによる情報提供の形が期待できる。具体的には、臨機応変にユーザの現在の状況に応じた連続性の高い経路へと反映したり、写真から CM や映像、ニュースや音楽から写真へとメディアを横断して変化する複合コンテンツを生み出すことが考えられる。例えば、ユーザが「九州国立博物館のニュース」を見ていると、続いて昔訪れた思い出の写真「大宰府天満宮」が表示され、「大宰府天満宮」に関する解説や CM が表示される。ユーザは社会の情報と個人の情報を織り交ぜた複合コンテンツを楽しむことができる。今後の予定として、地図情報と Web 情報を利用した地理空間への自動的なタグの割り当て手法を開発することがある。また、大規模な写真を利用した実験による評価を行う予定である。

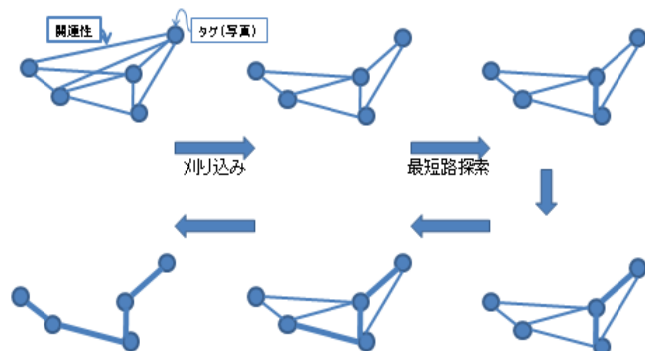


図 10 経路の決定

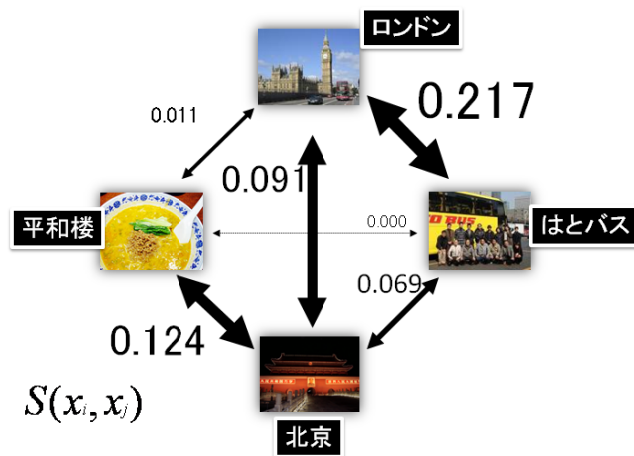


図 11 写真と関連度

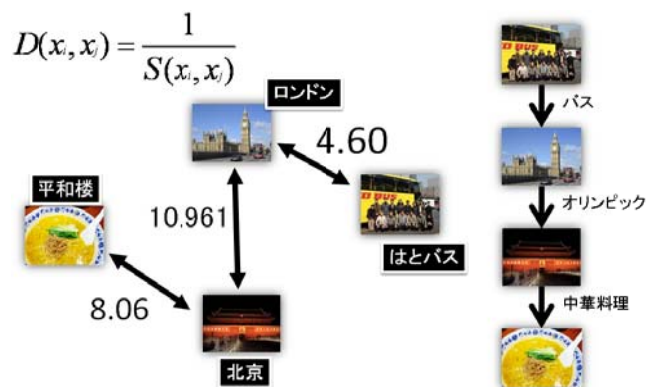


図 12 経路算出結果

文 献

- [1] 内閣府 消費動向調査普及率, <http://www.esri.cao.go.jp/jp/stat/shouhi/shouhi.htm>, 2008
- [2] OCN ブリエ白書 カメラに関するアンケート http://briller.ocn.ne.jp/hakusho/avocation_01/, 2007
- [3] 上杉大輝 沼晃介 徳永徹郎 大向一輝 武田英明, "場 log : Weblog 環境における位置情報利用の提案," 第 6 回人工知能学会セマンティック Web とオントロジー研究会, 2004
- [4] 岩崎希世子 山澤一誠 横矢直和, "撮影位置・姿勢情報に基づく写真への索引付加," 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2005), 2005.
- [5] 藤田秀之 有川正俊 岡村耕二, "注視点を考慮したデジタル写真の検索インターフェイス," 電子情報通信学会データ工学ワークショップ (DEWS2003), 2003.
- [6] 森下健 中尾恵 垂水浩幸 上杉弥彦, "時空間限定オブジェクトシステム"SpaceTag:プロトタイプシステムの設計と実装," 情報処理学会論文誌 (Vol.41), 2000.
- [7] 金英子 松尾豊 石塚満, "Web 上の情報を用いたアーティスト間のネットワーク抽出", 人工知能学会, 2006
- [8] 石田啓介 松尾豊 安田雪, "ネットワーク作る君:web マイニングを用いたネットワーク自動抽出システム" 人工知能学会, 2007
- [9] 鈴木源太 岩本健嗣 高汐一紀 徳田英幸, "u-Photo: ユビキタス情報を付加した画像を実現する 環境情報スナップショットの開発", 情報処理学会研究報告, 2004
- [10] 村野 剛教 松本 直樹, "巡回セールスマン問題の近似解法の比較", 社団法人電子情報通信学会, 2003