

## ユーザの選好と視点に基づく 3DWeb 情報推薦法の提案

張 建偉<sup>†</sup> 田澤翔吾<sup>†</sup> 原口康介<sup>†</sup>  
河合由起子<sup>†</sup> 川崎洋<sup>††</sup>

本研究では、3次元オブジェクトに対して、Webを利用することで容易に関連するメタデータを収集し、付与した大量のメタデータの中から閲覧者の視点と興味に合わせて情報を推薦し、さらに複数の3次元オブジェクトの相違点を可視化できるシステムの構築を目指す。提案システムは、3次元コンテンツの作成者を支援する機構と、閲覧しているユーザの視点や興味に合わせてメタデータを提示および比較できる推薦提示機構に分けられる。前者は、作成した3次元オブジェクトに関連する情報をWebから収集、分類することで、容易に3次元オブジェクトデータベースを構築できる。後者では、まず、ユーザの視点に合わせて3次元オブジェクトのメタデータを選択し、次に興味に合わせてランキングし、その結果を提示する。さらに、複数の3次元オブジェクトのメタデータを視点や特徴に合わせて、差異を発見し、比較提示できる。本論文では、ユーザの選好と視点に基づく3DWeb情報推薦法を提案し、構築したシステムの有効性を検討する。

### 3DWeb Information Recommendation Based on User Preferences and Viewpoints

JIANWEI ZHANG,<sup>†</sup> SHOGO TAZAWA,<sup>†</sup> KOSUKE HARAGUCHI,<sup>†</sup>  
YUKIKO KAWAI<sup>†</sup> and HIROSHI KAWASAKI<sup>††</sup>

In this paper, we intend to construct a system, which easily collects relative meta data for 3D objects using the Web, recommends the information from attached meta data fitting a user's viewpoint and preference, visualizes the difference among two or more 3D objects. The proposed system consists of two parts: one is the supporting mechanism which helps the creator of 3D objects attach meta data, the other is the recommendation mechanism which presents and compares meta data according to the viewpoint and preference of the user. The former can easily construct a database for 3D objects by collecting and classifying the information to which the created 3D objects are related. The latter selects corresponding meta data for 3D objects according to the user's viewpoint, ranks them based on the user's preference, and provides the results to the user. In addition, the meta data of plural objects can be matched and compared to find and present their difference. This paper proposes a 3DWeb information recommendation method based on a user's viewpoint and preference, and discusses its effectiveness.

#### 1. はじめに

近年、ユーザの嗜好や興味に基づいた個人適応化技術の研究が盛んになってきている。また、それらを基盤として、大量データを効率よく提示できる3次元コンテンツを利用した情報推薦技術に関する研究が活発化している。インターネット上における3次元コンテンツ利用に関しては、単に3次元オブジェクトをWeb上に表示して製品紹介するものから、大規模な

仮想空間を構築する試み<sup>1),2)</sup>まで、多くのシステムが実際に開発・運用されている。しかしながら、未だにこれらインターネット上の3次元システムは広く一般に利用されるには至っていない。この主な理由として、

- (1) 3次元コンテンツの作成が容易でない
- (2) 3次元コンテンツに対する付加価値情報(メタデータ)が十分に関連付けられ付与されていない
- (3) 関連付けられたメタデータの効果的な閲覧手法がない

ことが挙げられる。

(1)に関してこれまで我々は、市販のプロジェクタとカメラのみで3次元計測が可能なシステムの開発を進めてきており、一定の成果を納めてきた<sup>3)</sup>。(2)と

<sup>†</sup> 京都産業大学コンピュータ理工学部  
Faculty of Computer Science and Engineering, Kyoto  
Sangyo University

<sup>††</sup> 埼玉大学情報メディア基盤センター  
Information Technology Center, Saitama University

(3) に関しては、Web 上の大量データと 3 次元コンテンツを利用して効果的に閲覧可能な可視化手法に関する研究が盛んに行われている<sup>4),5)</sup>。しかしながらこれらの研究は Web ページを効果的に提示するための手法であり、3 次元コンテンツに対する大量メタデータ付与に関する議論は行われていない。このように、3 次元コンテンツへの効率的なデータ付与ならびにユーザにとって意味のある付加価値情報の提示を意図した研究はあまり例がない。そこで我々は、計測した 3 次元コンテンツのオブジェクトに対して、下記の要件を満たすシステムの構築を目指す。

- (1) Web を利用することで容易に 3 次元オブジェクトに関連するメタデータの付与
- (2) 付与した大量のメタデータの中から閲覧者の視点と興味に合わせた情報の推薦
- (3) 複数の 3 次元オブジェクトの相違点の効果的な比較提示

以降、本論文は次のように構成される。2 章では本研究に関する研究について述べる。3 章では提案システムの構成について紹介する。4 章では 3 次元オブジェクトにメタデータを付与する手法を、5 章ではメタデータに基づいた情報推薦手法を説明する。6 章では評価実験について考察する。最後に 7 章でまとめと今後の課題について述べる。

## 2. 関連研究

Photo Tourism<sup>6)</sup> では、Web 上にある写真集合からそれぞれの写真の視点を計算し、自動的に 3 次元空間上に再配置して関係付ける。Photo Tourism の技術を用いて実現した Photosynth ビューアー<sup>7)</sup> では、写真から 3D 画像を作成し、3 次元空間で写真を見ることが出来る。これらの研究は、3 次元コンテンツの作成方法や写真データの効率的な閲覧手法を提案しているが、メタデータ付与に関する議論は未だ十分ではない。本研究では、Web 上の情報を有効に利用し、3 次元オブジェクトに対してメタデータを付与し、さらにその利用方法を提案する。5) では、3 次元コンテンツ(例えば、ノート PC など)と属性情報 (Display, CD-ROM, PCCARD など)の自律的な提示方式を提案している。メタデータとなる属性情報は 3 次元コンテンツ作成者によって特定の記述方法に基づいて付加されるため、Web 上のデータを利用してより一般形式のメタデータを付与し提示する本研究とは異なる。

一方、近年ユーザの嗜好や興味に適した情報を提示するための情報推薦の研究が盛んに進められている。My Portal Viewer (MPV)<sup>8)</sup> では、複数のニュースサ

イトから収集したニュース記事をユーザの閲覧履歴に基づいて分類し、その分類ごとに融合された情報を提示するシステムを開発している。9) では、ユーザの閲覧履歴を利用して、Web 全体を対象とした Web ページ推薦システムを提案している。10) では、ユーザの嗜好だけではなく、その時々状況も考慮したコンテキスト依存型情報推薦方式を述べている。11) では、多数派の意見だけではなく、少数派の意見も反映させるという、グループ全体の満足度を考慮した情報推薦手法を提案している。本研究では特に Web 上の 3 次元コンテンツに着目し、関連の情報を推薦する点がこれらの研究と大きく異なる。

## 3. システム構成

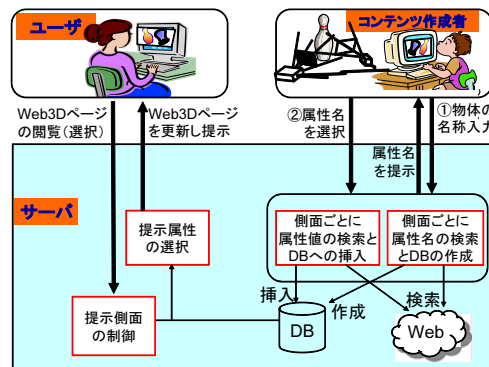


図 1 システム概要  
Fig. 1 System overview

提案システムを図 1 を用いて説明する。3 次元コンテンツへのメタデータ付与支援機構(図 1 右側)とユーザの視点と選好に基づく情報推薦機構(図 1 左側)からなる。

これまで、3 次元コンテンツ作成者は 3 次元オブジェクトを作成するだけでなく、3 次元オブジェクトに関する属性情報(メタデータ)も作成しなければならなかった。しかし、メタデータの作成は 3 次元コンテンツ作成者には大きな負担となる。一方、Web 上に 3 次元オブジェクトに対する付加価値の高い情報が存在すると考えられる。我々はそれらの情報を効率よく収集し、3 次元オブジェクトに容易に付与する手法を提案する。これにより、3 次元コンテンツ作成者は 3 次元オブジェクトに対して低コストで大量のメタデータを作成することができる。

メタデータ付与支援機構では、まず 3 次元コンテンツのオブジェクトの各側面に対して、Web から 3 次元

オブジェクトの各側面に対する属性情報を収集し、その候補となるキーワードを3次元コンテンツ作成者に提示する。作成者はインタラクティブ操作により、提示されたキーワードの中から3次元オブジェクトの各側面に対応する属性名として選択し決定する。次に、システムは選択された属性名を用いて関連するウェブページを収集・分類し、3次元オブジェクトのメタデータとして、各属性名に対応づけてデータベースに保存する。メタデータ付手法の特徴は、Webから収集・推薦することと、側面ごとに対応づけられた3次元オブジェクトデータベースを容易に構築することにある。

視点と選好に基づく情報推薦機構では、付与された大量のメタデータを3次元オブジェクトの特徴を生かすことで効果的に提供する。メタデータ付与支援機構により、側面ごとにメタデータを作成・管理することができるため、3次元オブジェクトを閲覧するユーザの視点に合わせて、各側面と各側面に付与された属性を提示することが可能となる。具体的には、作成された3次元オブジェクトを回転させ、ユーザが興味のある側面を発見し、静止させると、その側面のメタデータが表示される。また、複数の3次元オブジェクトを同時に比較することもできる。これにより、ユーザが静止した側面と関連のある側面を持つ他のオブジェクトとの比較が容易にできる。側面ごとの比較推薦では、複数の3次元オブジェクトに対してユーザが側面を指定した際に、共通属性と相異属性を特定することや、その側面と他のオブジェクトの側面とのメタデータから類似側面の自動認識を実現する。

#### 4. 3次元オブジェクトに対するメタデータの作成支援

計測した3次元オブジェクトへWebの情報を用いることで効率的なメタデータ付与を支援する(図1右側)。3次元コンテンツ作成者は計測したオブジェクトの名称(例えば、LUMIX デジタルカメラ)を入力するだけで、オブジェクトの属性となる各種機能(レンズ、フラッシュ等)の情報を管理するデータベースを効率的に作成できる。

まず、作成者はオブジェクトの名称を入力する。サーバはその名称に「仕様」「仕様表」などの補間語をキーワードとして追加してWebの検索結果を取得する。次に、ランキング上位のページを取得し、形態素解析によりページを分析し、単語の出現頻度である $tf$ 値を算出し、 $tf$ 値の高い単語を物体の属性名として作成者に推薦する。作成者は推薦されたキーワードから適当なものを選び、3次元オブジェクトの各側面(デジタ

正面テーブル			背面テーブル		
レンズ	フラッシュ	...	液晶	動画	...
$p_{11}$	$p_{12}$	...	$q_{11}$	$q_{12}$	...
$p_{21}$	$p_{22}$	...	$q_{21}$	$q_{22}$	...
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

図2 メタデータベースの例  
Fig. 2 An example of meta database

ルカメラの場合は六面)の機能として対応付ける。この対応付け作業により、各側面に対応するテーブルが作成され、対応付けられた機能は各テーブルの属性名となる(図2)。さらに、これらの属性名を基にWebから再検索し、返されたウェブページを属性値としてデータベースに格納する。これにより、3次元オブジェクトに対してメタデータが付与される。 $tf$ 値に基づく3次元オブジェクトの属性名の抽出方法は簡単なわりに、有効であることを実験で検証した。より精度の高い手法の開発は今後の課題とする。

#### 5. メタデータに基づく情報推薦

3次元オブジェクトに対してメタデータが作成された後、そのメタデータをユーザに提示推薦するには、3次元オブジェクトのメタデータ提示と複数の3次元オブジェクトのメタデータ比較という2つの場合を考える。

##### 5.1 3次元オブジェクトのメタデータの提示

###### 5.1.1 視点に応じたメタデータの選択

本システムは、視点に応じたメタデータの表示を行う。これにより、3次元オブジェクトを各側面から見た場合では、同じ対象にも関わらずそれに関連する情報が異なっているという、メタデータの視点依存特性を実現することができる。ユーザは3次元オブジェクトを回転させ、ある時点で止めることで、ユーザがその時点において見えている側面を決定できる。具体的には、3次元オブジェクトの中心を始点、ユーザ視点を終点としたベクトルと、各側面の法線ベクトルとのなす角度の $\cos$ 値を計算する。 $\cos$ 値が0より大きい場合は、その側面が見えているということになる。見える側面が認識されると、メタデータを保存するデータベースを調べ、対応する側面に付与されたメタデータをユーザに推薦する。

図3で示すように、ユーザは3次元デジタルカメラ画像を回転させ、右前面で止めると、右側と正面に付与された属性名(レンズ、フラッシュ、広角など)と属性値(関連するウェブページ)がユーザに提示される。3次元画像の左後方で止めると、左側と背面に付与されたメタデータが表示される。これにより、通常



図 3 視点に応じたメタデータの表示例

Fig. 3 Viewpoint-dependent meta data presentation

の Web コンテンツとは異なり、3 次元オブジェクトの特徴である自由視点を生かした、視点依存の情報提示が可能となる。

また、属性名が多い場合、 $tf$  値の降順でソートし、上位のものが提示対象となる。一般的に、1 つの属性名に対しても、3 次元オブジェクトに付与された属性値（収集したウェブページ）の数は大規模であり、そのうちユーザに提示するものを選択する必要がある。ユーザの興味に合ったウェブページを上位にランクし、ユーザに推薦する手法を次節で説明する。

### 5.1.2 ユーザの選好に基づくメタデータの選択

ユーザの閲覧履歴はユーザの興味を表す傾向がある。この節では、ユーザの閲覧履歴に基づいたメタデータの属性値（ユーザに提示するウェブページ）の選択手法を説明する。

まず、メタデータとして収集したウェブページ集合を分析し、各ウェブページをベクトル化する。具体的には、 $tf$  値の高い単語（特徴語）を選び、特徴語の  $tf$  値をベクトルの要素とする。次に、ユーザが見たページのベクトル  $v_u$  と収集した各ウェブページのベクトル  $v_p$  との  $\cos$  類似度を計算し、類似度の高いものをユーザの興味に合った情報として推薦する。ただし、その後の閲覧では、ユーザベクトル  $v_u$  の各要素は  $tf$  値の平均値をとり、 $v_u$  を更新する。これにより、閲覧する度に再ランキングされる特徴語がユーザの興味のあるキーワードとなり、それら特徴語の出現頻度の高いウェブページが推薦される。

## 5.2 複数の 3 次元オブジェクトの比較

前節では、3 次元オブジェクトを対象とした視点依存の情報提示・推薦について説明した。この節では、複数の 3 次元オブジェクトがある場合に、視点に応じて情報を比較推薦する手法について述べる。

### 5.2.1 選択した側面の属性比較

まず、ユーザが自由に複数の 3 次元オブジェクトの側面をそれぞれ選び、選ばれた側面の相違点を比較する場合について説明する。各 3 次元オブジェクトの比較したい側面を選ぶと、選ばれた側面間の共通属性とそれぞれの独自の属性が論理演算によって識別され、ユーザに提示される。例えば、側面  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$  と側面  $B = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$  が属性の集合を表すとすると、側面 A と B の共通属性は  $(A \cap B)$  となり、側面 A と B のそれぞれの独自の属性は  $(A - B)$  と  $(B - A)$  となる。これにより、複数の 3 次元オブジェクトを側面のレベルで比較することができる。

### 5.2.2 類似する側面の自動認識

次に、複数の 3 次元オブジェクトに対して、1 つのオブジェクトの一面を選び、他方の 3 次元オブジェクトと比較したい場合について説明する。複数 3 次元オブジェクトが表示されている際に、ユーザが 1 つの 3 次元オブジェクトを回転させ、見たい側面で止めると、他方の 3 次元オブジェクトの対応する側面を自動的に認識し、その側面をユーザに提示する。これにより、ユーザが比較したい機能が付与されている他オブジェクトの側面を提示することができ、複数の 3 次元オブジェクトを効率良く比較することができる。

対応する側面の識別法は、3 次元オブジェクトの側面に付与されたメタデータの類似度を計算し、類似度の高い側面を検出する。例えば、3 つの 3 次元オブジェクト  $X, Y, Z$  があるとし、それぞれが複数の側面

$$X = \{x_i\}, (i = 1, \dots, l)$$

$$Y = \{y_j\}, (j = 1, \dots, m)$$

$$Z = \{z_k\}, (k = 1, \dots, n)$$

を持つとする。ただし、 $x_i, y_j, z_k$  は 3 次元オブジェクト  $X, Y, Z$  の各側面であり、 $l, m, n$  は  $X, Y, Z$  の側面数である。各側面  $x_i, y_j$  と  $z_k$  はベクトル

$$x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ir})$$

$$y_j = (y_{j1}, y_{j2}, \dots, y_{jr})$$

$$z_k = (z_{k1}, z_{k2}, \dots, z_{kr})$$

を持つ。3 次元オブジェクトに付与された  $r$  個の属性名の集合  $(w_1, w_2, \dots, w_r)$  に対して、側面ベクトル  $x_i, y_j, z_k$  の各次元は 0 か 1 の値をとり、各側面に各属性がある場合は 1、ない場合は 0 となる。例えば、属性名の集合は (レンズ, フラッシュ, ..., 液晶) であり、3 次元オブジェクト  $X$  の側面  $x_i$  に “レンズ” と “フラッシュ” というメタデータがつけられており、“液晶” というがつけられていない場合、 $x_i = (1, 1, \dots, 0)$  となる。ユーザは物体  $X$  を回転させ、ある側面  $x_o$  で止めると、 $x_o$  と物体  $Y$  の各側面  $y_j$  及び  $Z$  の各側面

$z_k$  と比較し、類似度の最も高い側面  $y_p$  と  $z_q$  を対応側面としてユーザに提示する。なお、側面の類似度は側面ベクトルの Jaccard 係数で計算する。

## 6. 実験

### 6.1 3次元オブジェクトに対するメタデータの作成支援

今回の実験では対象を「デジタルカメラ」とし、各種機能の名称を取得するために補間語として「主な仕様」を追加し、Yahoo!API を利用して検索結果を取得した。図 4 はメタデータ作成支援を実装した画面である。

また、検索結果のページから  $tf$  値を算出して抽出した単語のうち、上位 50 件中各種機能等の名称として推薦できる単語の割合は、被験者 4 名によるアンケートの結果 66 % となり、メタデータ付与を支援することができた。

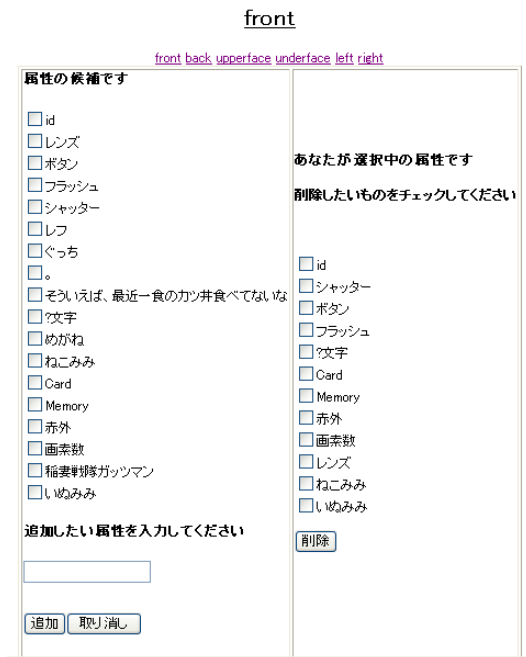


図 4 メタデータ作成支援のインターフェース  
Fig. 4 Interface of meta data attachment

### 6.2 3次元オブジェクトの推薦

次に、デジタルカメラをスキャンした 3次元オブジェクトに対して、視点に応じてメタデータが表示される様子を示す。

図 5 はユーザがデジタルカメラの右前面を選択した場合の表示結果例を示したものである。右上フレームではデジタルカメラの右と前の側面に付加されたメタ

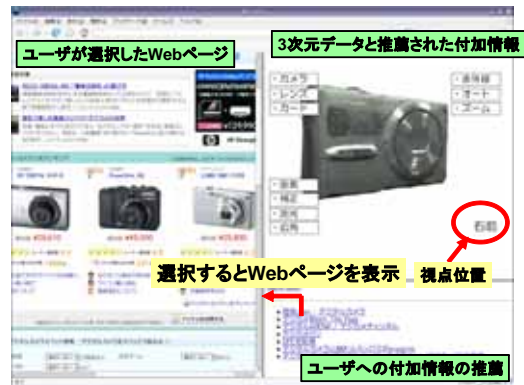


図 5 メタデータの選択  
Fig. 5 Meta data selection

データが表示されており、右下フレームでは指定した属性名に関連するウェブページの URL リストが表示されている。ユーザは 1 つの URL をクリックすると、対応するウェブページが左の領域に表示される。閲覧する度に、ウェブページの関連度が再計算され、URL リストが変わりつつ、ユーザの興味と近いページが上位にランク付けされる。実際に被験者によるユーザの閲覧履歴に基づく情報推薦を行ったところ、10 回目のアクセス結果において、  
適合率 = ( 妥当な件数 ) / ( 推薦した件数 ) = 60 %  
と効果を確認することができた。ユーザが各側面をマウスなどで選択すると、側面に対応付けられたメタデータの中から、ユーザの興味に合った情報が取捨選択され提示される。

### 6.3 複数の 3次元オブジェクトの比較

図 6 で示すように、デジタルカメラと携帯電話の 3次元オブジェクトが同時に提示されている場合に、ユーザがデジタルカメラの正面と携帯電話の正面を選ぶと、デジタルカメラと携帯電話の正面に付与された共通の属性と各オブジェクトの独自の属性が識別され、表示される。また、共通の属性に関連するウェブページが右下フレームにリストされ、クリックすることでウェブページが左の領域に表示され、閲覧できる。これにより、ユーザは指定した側面の共通の機能と独自の機能の情報を容易に入手できる。

図 7 は、デジタルカメラの 3次元オブジェクトの背面を指定した場合、デジタルカメラの背面と類似する機能を持つビデオカメラの裏面と携帯電話の裏面を自動的に識別することができた画面である。対応側面の自動認識により、ユーザは類似する機能を持つ 3次元オブジェクトの側面を容易に比較できる。



図 6 複数の 3 次元オブジェクトの側面をそれぞれ指定する場合の比較

Fig. 6 Comparison for respectively selecting the sides of 3D objects



図 7 複数の 3 次元オブジェクトの対応側面を自動的に認識する場合の比較

Fig. 7 Comparison for automatically identifying the corresponding sides of 3D objects

## 7. まとめと今後の課題

本論文では計測した 3 次元コンテンツに対して Web の情報を用いることで効率的にメタデータを付与し、閲覧者の視点と選好に合わせて取捨選択した情報を提示可能なシステムを提案した。実験の結果、3 次元コンテンツへのメタデータ付与・支援することができ、視点の違いや閲覧履歴に応じた情報を推薦し提示することができた。また、複数の 3 次元オブジェクトを比較・提示するシステムを提案し、初期の実験を行った。

今後の課題として、様々な 3 次元オブジェクトに対して、メタデータ付与の精度を検証する予定である。現時点、メタデータは *tf* 値に基づいて抽出するが、今後統計的な手法で特定する手法を検討する。また、視

点を考慮しないシステムの情報推薦と比べ、側面ごとに 3 次元オブジェクトの情報を推薦する本提案システムの精度向上を評価する予定である。

## 8. 謝 辞

本研究の一部は、戦略的情報通信研究開発推進制度 (SCOPE) の助成を受け実施したものである。ここに記して謝意を表す。

## 参 考 文 献

- 1) VRML.  
<http://ja.wikipedia.org/wiki/VRML>
- 2) Second Life.  
<http://jp.secondlife.com>
- 3) 川崎洋, 古川亮, 共面性情報および幾何学的条件を用いた影からの 3 次元形状復元. 情報処理学会論文誌, Vol. 1, No. 2, pp. 111-123, 2008.
- 4) 小谷彬, 小山聡, 田中克己, 複数 Web コンテンツの多面的閲覧のための空間インタフェース. 電子情報通信学会データ工学ワークショップ, 2005.
- 5) 灘本明代, 矢部武志, 四方正輝, 田中克己, 3 次元 CG コンテンツとその属性情報の自律的呈示方式. 情報処理学会論文誌: データベース, Vol. 43, No. SIG 2, pp. 111-123, 2008.
- 6) N. Snavely, S. M. Seitz, and R. Szeliski, "Photo Tourism: Exploring Photo Collections in 3D," *Proc. SIGGRAPH 2006*, pp. 835-846, 2006.
- 7) Photosynth.  
<http://livelabs.com/photosynth/>
- 8) 河合由起子, 熊本忠彦, 田中克己, 印象と興味に基づくユーザ選好のモデル化手法の提案とニュースサイトへの応用. 知能と情報: 日本知能情報ファジィ学会誌, Vol. 18, No. 2, pp. 59-69, 2006.
- 9) K. Takasuka, M. Terada and K. Maruyama, "Web Page Recommendation by URL-based Collaborative Filtering," In *WEBIST 2007*, pp. 447-450, 2007.
- 10) K. Oku, S. Nakajima, J. Miyazaki, S. Uemura and H. Kato, "A Ranking Method based on Users' Contexts for Information Recommendation," In *ICUIMC 2008*, pp. 289-295, 2008.
- 11) A. Jameson, "More than the Sum of Its Members: Challenges for Group Recommender Systems," In *AVI 2004*, pp. 48-54, 2004.