

## 三次元仮想空間におけるアクセス軌跡共有による観賞支援

工藤 佑太<sup>†1</sup> 川嶋 稔夫<sup>†1</sup>

現在大量のデジタル画像を、インターネットを通じて利用することができる。しかし効果的なアクセス手段がないため、ほとんどのデータを有効に利用することができない。本報告では3次元の仮想デジタル写真ミュージアムでのアクセス軌跡を複数のユーザ間で共有することによる観賞支援を提案する。作成したシステムではユーザの位置情報や視線方向など、ユーザがどのように振舞ったかを記録する。記録した履歴から、ユーザの観賞スタイルを分析と、ユーザ嗜好の分析を行う。最後に、仮想空間での推薦の仕組みについての提案をおこなう。

### Viewing Assistance by Sharing Access History Among Users in 3D Virtual Space

YUTA KUDO<sup>†1</sup> and TOSHIO KAWASHIMA<sup>†1</sup>

Various types of massive image data are stored in the internet and are freely available. Most of the data, however, are practically unreachable because they are left without effective dooropener. In this paper, we propose an assistance method for the viewing massive contents by sharing access history among users in 3D virtual digital photo museum. The museum software records the history of user's position and view direction in the virtual space to monitor how a user behaves during appreciation. From the user's histories of accessing to archived materials in 3D space we classify the appreciation style, and estimate user's preference of photographs. We also discuss how the system provides recommendation to the user in virtual space.

### 1. はじめに

大量の情報が蓄積され、ネットワークを通じて活用することが日常的に行われる社会になり、これまでとは異なった知財の蓄積と活用の方式が必要な時代になってきている。大量の文字データの流通に加えて、近年、個人による大量の画像や音声の配信が可能になったことで、増加する多種多様なデータを整理、蓄積し、次世代につたえるための社会の仕組みを構築することが急務と考えられる。

筆者らの研究室では、地域の歴史資料を画像データとして大量にアーカイブ化する試みを進めている。地域の図書館や博物館が資料を収蔵するまえの経緯を調べると、公的な機関の記録文書や記録写真として収蔵されたものと、市民の間で所有者を点々と変えた写真や文書が公的機関に寄贈されたものに大別される。前者の場合、資料コレクションは史料室などで分類整理されてから保存されているが、後者、とくに古い時代の写真資料は年代や被写体に関する情報が不明のまま寄贈され、資料化が難しいため公開もされないことが多い。これは、地域の図書館や博物館が市民レベルの資料を直接受け入れるために起きる現象であり、国家レベルでの文化財が資料を価値を評価したうえで収蔵しているのとは対照的である。

このことは、インターネットのデータ投稿サイトが近未来的に抱えるであろう情報編纂なき蓄積の問題点を暗示している。大量の情報（図や文章、画像）がデジタル化されオンラインで蓄積されている現状では、これらの情報にアクセスする手段として、検索や索引の作成などといった手法が提案されサービスが提供されている。これらの手法は人手により付加されたか、情報自体から抽出されたメタデータを利用できることを前提としている。しかし、写真は有効なメタデータの抽出や作成が困難であり、仮に内容に基づく画像検索技術が確立したとしても、増加し続ける写真データを検索技術だけで利用しつづけることは不可能であろう。アクセス数に基づくレコメンドでは、一度も利用されていない写真データは他の大量のデータに埋没する可能性が高い。この問題を解決するために、我々はユーザが大量の写真データの観賞を行う際に、全体像の俯瞰と個別のデータの詳細な観察を行えるようにシステムを設計すると同時に、ユーザのアクセスの記録を他者と共有することで、メタデータ以外の情報にもとづいてユーザの情報へのアクセスを支援することを検討してきた。

本報告では、この考えに基づき、3次元写真アーカイブ閲覧システムにおけるデジタル画像展示空間内を、ユーザが観賞する際のアクセスの記録を他者と共有することで情報を編纂し、観賞を支援する手法を提案する。

第2章ではアーカイブのための情報編纂における評価の必要性と写真アーカイブにおけ

<sup>†1</sup> 公立はこだて未来大学  
Future University-Hakodate



図 1 高精細 3次元仮想美術館システム<sup>2)</sup>  
Fig.1 Photorealistic 3D Virtual Museum<sup>2)</sup>

る観賞について述べる。第3章では、このシステムを用いた観賞実験とその結果から得られたユーザの鑑賞スタイルについて議論する。第4章は履歴から嗜好を推測し、その嗜好から鑑賞を支援する手法について論じる。

## 2. アーカイブにおける情報編纂

### 2.1 情報編纂

加藤らは情報編纂を「雑多な情報を知的に編纂し、それらの理解を容易にすると共にそれらへの簡明なアクセス手段を提供するための基盤技術」と定義している<sup>1)</sup>。

これまでも社会基盤として情報編纂を行う組織が存在してきた。美術館や博物館はそれ自体がキュレータ (curator, 学芸員) によって編纂された環境である。キュレータは収集・収蔵を管理するだけでなく、所有あるいは貸与された展示対象 (情報) 全体を俯瞰して、それらの一部をコレクションあるいはセレクションとして解釈し企画展示する役割もっている。これらのほか、一般市民のコレクターが収集の過程で主観的に評価を加えて収集品のコレクションとしての再編纂を促進していたと考えられる。これまでは、このような知的な編纂の仕組みが社会のなかで機能してきた。

ところが web 上で流通するデジタルデータ、とくに非文字データは投稿時のコメントとユーザによる評価 (rating) だけで構成されており、収集物全体を俯瞰して整理しコレクションを生成する機能が欠けている。したがって観賞対象を検索によって絞り込んだ時点で、すでに選別が行われているために、文字データが付加されている収集物の一部分だけしかアクセスできないということが起きる。そのため、個々の収蔵物を観賞できるに加えて、コレクションの部分や全体をもれなく俯瞰できるシステムの開発が必要である。さらに YouTube や Flickr のようにインターネット経由で観賞を共有することで、評価を他者と共有することができ、収集物の量が大量であっても多数のユーザが繰り返しアクセスを行うことで編纂が進んでゆく可能性がある。

### 2.2 俯瞰と鑑賞のための閲覧システム

美術館や博物館では展示物の一つ一つに接近して細部や肌理 (きめ) を観察したり、視点を移動したりして光の反射の変化を見ることができる。一方で、数歩下がって他のコレクションと同時に視野にいれながら比較することも可能である。編纂の作業には、このように対象 (群) と対峙しながら能動的に細部の観賞から全体像の俯瞰するまで連続できることが望ましい。そこで我々は、数千枚以上の大量の画像データを観賞に堪え得る解像度で閲覧することができ、かつコレクション全体を俯瞰することのできる 3次元仮想美術館システムを設計した。

Flickr などの多人数で画像情報を共有する既存のシステムは、観賞に堪えうるだけの高解像度の画像情報をネットワーク経由で提供できない。しかしデジタルカメラの画像は数メガピクセル以上であるし、美術品など価値の高い画像データは通常数百メガピクセルにも達している。さらに、ブラウザにサムネイルを配置しクリックして拡大する方式は、画像データを選択して倍率を変更するたびにクリックが必要なため、数量の多いコレクション全体を俯瞰するには向いていない。

このような観賞の現状を改善するには GoogleEarth や Zoomify などで利用されている画素逐次転送方式と、Web3D などの能動的に視点移動可能な 3次元表示環境の機能をあわせもつシステムが有効である。画素逐次転送方式は画像データを細分化して配信することで、ズーム率変化や視点移動にともなう画像データの更新をわずかなトラフィックに抑えることができる。

我々は、この画素逐次転送方式を 3次元グラフィックス環境に組込むことで、ネットワーク経由で大量の大規模な画像コレクションを任意のユーザ視点から軽快に観賞できる高精細 3次元オンライン美術館システムを試作してきた<sup>2)3)</sup>(図 1)。このシステムではネットワー

ク上に分散する約 5000 枚の画像データをオリジナルの画素数を実効的には縮小せずに 3 次元空間内で扱っており、任意の視点からコレクション全体を俯瞰している状態から細部まで拡大して観賞できる状態までをシームレスに移行することができる。したがって、独立したサムネイルは存在せず、遠方に小さくみえるコレクションの一枚の画像に接近するだけでその画像の最後の 1 ピクセルまでの解像度の画像情報が得られる。

我々は、この 3 次元美術館システム内でユーザが観賞する際の軌跡を履歴として記録し、それを他のユーザにとって有益な観賞のコンテキストとして提供することができれば、メタデータやアノテーションによらない編纂が実現できると考えた。

### 2.3 編纂と観賞支援

前項のシステムにおけるユーザ自身は観賞者であると同時に編纂を行うキュレータであり、観賞者と編纂者がフラットな関係にある。ネットワーク上におかれた莫大な画像データは専門のキュレータが編纂できる量ではないが、大量の一般ユーザが観賞を通じてキュレータの役割を果たすことで、あらたなデータ間の関係の発見につながると考える。

類似の編纂行為はセカンドライフに見ることができる。セカンドライフでは、多くの個人が空間を共有するとともに、その空間内に構造物や機能を持つオブジェクトを自由に設計して配置し、他者がその価値を評価し、それを互いに繰り返すインタラクションを行う。

編纂から得られた情報をどのように利用するかという議論もまた必要である。YouTube や Flickr などでは、利用ユーザの評価からコンテンツ間の関連性について評価し、評価の高いコンテンツの提供や、関連性の強い情報のユーザへの提供などがページ上のリンクとして実現されている。3 次元空間ではページ遷移のためのリンクという形にする必要はなく、空間を利用した新しい方法が実現できる。

## 3. 観賞記録とその分析

### 3.1 観賞システム

我々は三次元空間内でのユーザの観賞行為を記録、分析するために、簡単な実験システムを構築した(図 2)。このシステムでは四角い部屋の壁に、24 枚の画像コンテンツを展示できる。ユーザは以下のモードを切り替えながら、空間内を自由に移動し、複数のコンテンツの俯瞰と、個々のコンテンツの詳細な鑑賞を行うことができる。

- 視点移動モード

ユーザは視点をキーボード操作によって前後左右に操作することができ、マウス操作によって視野を操作することが空間内を自由に見回すことができる。

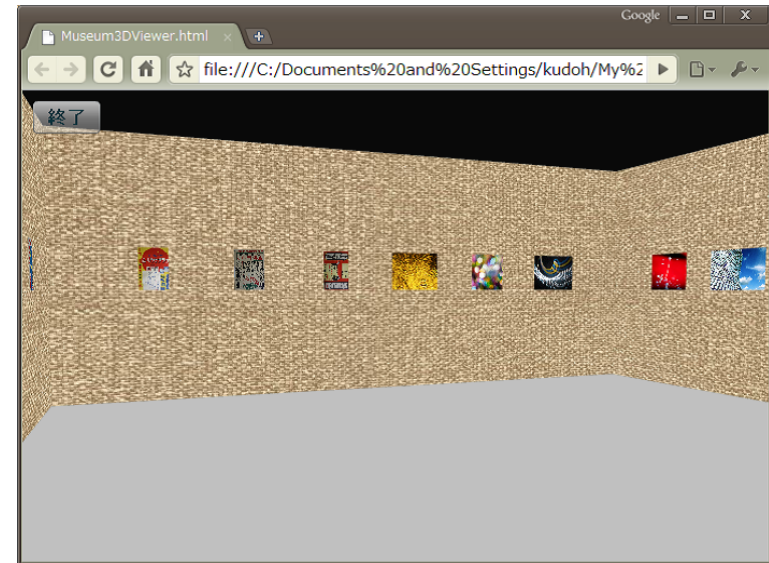


図 2 観賞記録システム  
Fig.2 Viewing System

- 鑑賞モード

個々のコンテンツについて詳細な鑑賞を行うことができるモード。三次元空間を移動するための操作方法とは異なる、コンテンツの部分的な拡大や鑑賞箇所の移動といった、より二次元のコンテンツの鑑賞に適した方法で操作できる(図 3)。ユーザがマウス操作にて鑑賞したいコンテンツを選択した際に、次に述べる自動クローズアップモードを経て、モードを切り替える。

- 自動クローズアップモード

空間内での鑑賞行為の利便性を高めるためのモード。ユーザが鑑賞したいコンテンツが離れた場所にある場合、そのコンテンツの位置まで自動的に移動する。また鑑賞モード終了時に視点を自動的に後退させる際にもこのモードに強制的に切り替えている。

これらのモードを利用してユーザが観賞した履歴は、外部ファイルに記録される。記録される情報にはユーザの空間内での移動履歴、コンテンツの鑑賞時間、モードの切り替え情報などが含まれる。



図 3 鑑賞モード。個々の画像をズーム機能などで詳細に鑑賞できる  
Fig. 3 Viewing Mode

### 3.2 観賞の記録

このシステムを実際に被験者に操作してもらい履歴を記録した。実験には展示コンテンツとして、特徴の異なるふたつのグループの画像群を利用した。ひとつのグループは文字情報が多いポスターの画像群、もうひとつのグループは Flickr にて”abstract” タグが付与された抽象的な画像群の計 2 4 枚である。これらのグループは後の分析にてユーザの嗜好がどのように反映されるのか分析するために、嗜好が分かれそうな画像群を検討して選んだ。なお空間内でのコンテンツの配置順はランダムに決定した。

実験はシステム操作の説明と、操作に慣れるための練習を経た後に行った。被験者には三分間の時間で自由に観賞を行い、対象のコンテンツに興味があれば「興味がある」と書かれたチェックボックスにチェックを入れるように指示した。

### 3.3 観賞の分析

実験システムを利用して取得した観賞履歴の分析を行うために、取得した履歴を可視化したものを図に示す。この図は上空から見下ろした部屋を現しており、周囲の画像はそれぞれの壁面に展示したコンテンツに対応している。ユーザの行動は着色して表示しており、青いラインが視点移動モードで移動した軌跡、赤いラインが自動クローズアップモードで移動した軌跡、緑のラインが、仮想視点から見た視線で表す。ユーザが観賞モードにて観賞したコンテンツの前には、鑑賞時間に応じた大きさの円を、ユーザが明示的に興味があると記録したコンテンツは、画像の周りを赤い枠で囲った。

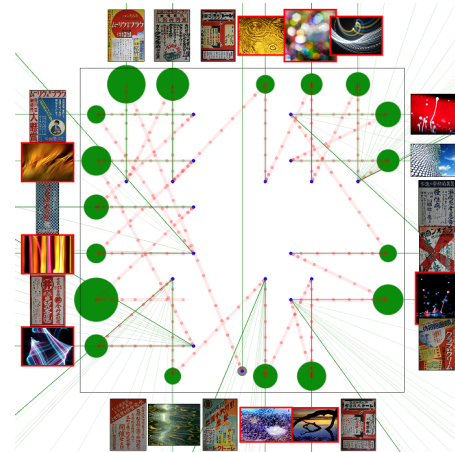


図 4 順次反復観賞型の鑑賞記録の例  
Fig. 4 Record of One by One Viewing

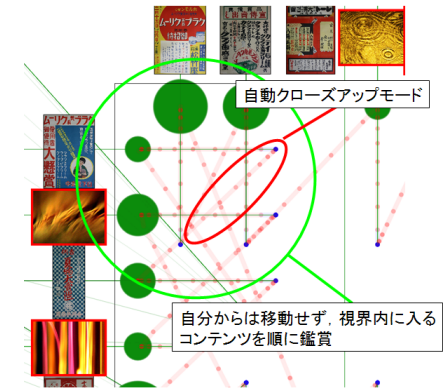


図 5 順次反復観賞型の鑑賞記録の例 (詳細)  
Fig. 5 Record of One by One Viewing (Details)

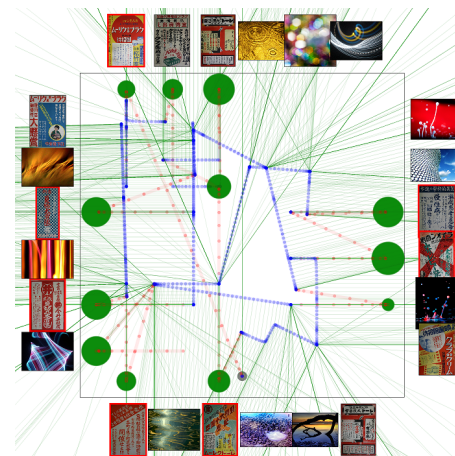


図 6 追遠注視観賞型の鑑賞記録の例  
Fig. 6 Record of the Free Viewing

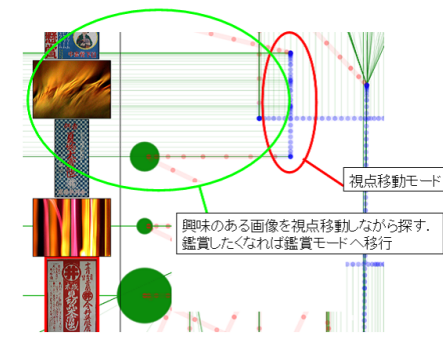


図 7 追遠注視観賞型の鑑賞記録の例 (詳細)  
Fig. 7 Record of the Free Viewing (Detail)

可視化した履歴を見比べてみると、いくつかのグループに分類することが出来そうだと気がつく。

● 順次反復観賞型

基本的に展示された順番に沿って順番に観賞していくグループで、このグループは視点の前後左右の視点移動はほとんど行わず、自動クローズアップモードを利用して観賞行為を繰り返すという特徴が見て取れる（図 4、図 5）。

● 逍遥注視観賞型

このグループは積極的に視点移動を行いながら、鑑賞モードを利用せずにコンテンツの概要を眺め、興味が引かれた画像でのみ鑑賞モードに移行して詳細な鑑賞を行っている（図 6、図 7）。

グループが分けられることによって、次の章で述べる推薦で、観賞スタイルに合わせた推薦の提示を行うことができる。

4. 推薦による観賞支援

4.1 推薦システム

観賞支援の手段として、ユーザのコンテンツへの嗜好からユーザが好むであろうコンテンツを推測し、提案を行う推薦システムの利用を提案する。推薦システムとは利用者にとって有用と思われる情報を選び出し、それらを利用者の目的に合わせた形で提示するシステムである<sup>4)</sup>。推薦システムのなかでも、対象となるコンテンツ自体の情報を利用せず、他のユーザの嗜好情報から推薦するコンテンツを予測する協調フィルタリングは、コンテンツの内容に依存しないという特徴があるので、本研究での目的であるほとんど内容が分からない大量の画像コンテンツの編纂に適している。

推薦システムは嗜好データの獲得、嗜好の予測、推薦の提示という三段階で実現される<sup>5)</sup>。3次元仮想ミュージアムにて効果的な推薦を行うためには、一段階目の嗜好データの獲得と、三段階目の推薦の提示においてなんらかの工夫をする必要がある。ここでは実験を通じてユーザの空間内での観賞行為について分析を行い、それぞれの段階においてどのような方法が効果的か議論する。

4.2 嗜好データの取得

一般的に推薦システムでは、ユーザの嗜好データを取得するアプローチとして、明示的な方法と暗黙的な方法がある。明示的な方法では、星の数によってレーティングを行ったり、アンケートに答えたりするなどの方法でユーザの嗜好を取得する。これらの方法ではユーザ

表 1 ユーザの鑑賞行為の記録の例（一部抜粋）

Table 1 Record of User Behavior

	a01	a02	a03	a04	a05	a06	k01	k02	k03	k04	k05	k06
観賞時間（秒）	8.3	-	-	-	-	3.1	8.5	8.3	-	8.6	9.4	-
操作の重み	1218	-	-	-	-	2993	11067	6722	-	12345	12208	-
明示的評価	1	0	0	0	0	1	2	2	0	2	2	0

表 2 取得したデータと明示的なユーザの嗜好との相関係数

Table 2 Correlation Coefficients of User Data and User Tastes

	鑑賞時間と明示的嗜好	操作の重みと明示的嗜好
被験者 A	-0.152304405	0.092146286
被験者 B	0.004993877	-0.593930004
被験者 C	0.382966802	0.133382949
被験者 D	0.374642282	0.273912042
被験者 E	0.487497746	0.433740157
被験者 F	0.154558630	-0.321872449
被験者 G	0.524618112	-0.214057253

の嗜好が正確に取得できるという利点があるが、ユーザが側から見れば手間でありデータが集まりにくいという欠点もある。暗黙的な手法はユーザの行動から嗜好を推測するもので、データが集まりやすいという利点があるが、推測に基づくものであるため正確性では明示的な方法には劣る。本研究はデジタルアーカイブでの大量の画像コンテンツの観賞を目的としているため、よりユーザの手間の少ない暗黙的な手法が適していると考え、これを実現する効果的な方法について議論する。

3.2の実験では、チェックボックスによるユーザの明示的な嗜好の記録の他に、鑑賞モードによる鑑賞時間や、鑑賞モード時の操作の複雑さなど、ユーザの嗜好が現れる可能性がある情報を記録している。取得したデータの例を表 1 に示す。

これらの情報から推測したユーザの嗜好と、明示的に取得した嗜好を比較することで、暗黙的に取得したデータから推測したユーザの嗜好の正確性の評価を行うことができる。表 2 に暗黙的に取得した情報と、明示的に取得したユーザの嗜好との相関を示す。

相関はユーザが観賞モードに移行したコンテンツを対象に、Pearson の積率相関係数として求めた。なおユーザの明示的評価については、全く鑑賞モードに移行しなかったコンテンツには 0、鑑賞モードに移行したが関心があるとしなかったコンテンツには 1、鑑賞モードに移行して関心があったとしたコンテンツには 2 を値として設定した。

表2の相関をみると、操作の重みと明示的嗜好には共通した相関関係がないのに対して、観賞時間とユーザの明示的な嗜好にはほとんどの被験者において正の相関が見られる。このことから、程度の差はあるものの、ユーザが関心のあるコンテンツにはより多くの時間をかけて鑑賞する傾向があると言える。この傾向を利用すればユーザの鑑賞行為からコンテンツへの関心を予測するひとつの指標となりえるだろう。

鑑賞モードでのユーザの行為の他に、3次元仮想空間でのコンテンツからの距離や、視線方向などの情報を利用したり、コンテンツの鑑賞順から相対的に嗜好を推測する手法<sup>6)</sup>を組み合わせたことで、より精度の高い予測ができることが期待できる。

#### 4.3 嗜好の予測

ユーザの嗜好から嗜好に合うコンテンツを推測する方法として、本章の冒頭でも述べた協調フィルタリングがある。協調フィルタリングは複数のユーザの嗜好データ群からシステムを利用するユーザ（活動ユーザ）と嗜好の似たユーザを探し出し、そのユーザが好んだものを推薦するコンテンツとして選択する手法である。本研究では協調フィルタリングを利用した代表的なシステムである、GroupLens<sup>7)</sup>の手法の利用を提案する。

GroupLensではまず複数のユーザの嗜好情報群のそれぞれの情報と、活動ユーザの嗜好との類似度をPearson相関で求め、類似度が高いユーザを標本ユーザとして抽出する。次に活動ユーザが評価していないコンテンツに対して、標本ユーザとの嗜好の類似度に基づいて、ユーザがどれだけそのコンテンツを好むか、そのコンテンツへの評価地の加重平均で予測する。

#### 4.4 推薦の提示

ここでは推薦の提示についての提案を行う。3.3ではユーザの鑑賞スタイルによって分類できることを示した。この鑑賞スタイルに応じて、ユーザの嗜好に合うと推測したコンテンツを提示できれば、観賞が支援できたと考えられる。

たとえば順次観賞型のユーザは視界内にあるコンテンツを選ぶ傾向がある。こういう傾向のユーザに選んだコンテンツを提示するために、推薦するコンテンツが視界に収まるようにユーザの視点を導くという方法が考えられる。これを実現するには、例えばユーザの視線が自動的に対象コンテンツに向くように力を加えたり、仮想視点の視野角を広げるなどして、推薦するコンテンツをユーザの選択肢に入りやすいようにする方法などがあるだろう。このように三次元の仮想空間に合った方法で推薦結果提示を行うことで、観賞の効率化が実現できるのではないかと考える。

## 5. ま と め

本報告書では仮想空間に配置した画像を観賞するにあたって、どのような観賞行為が行われるかを実験を通して分析した。その結果ユーザの観賞のパターンがふたつのタイプに分けることができることを発見した。また観賞支援のために推薦システムを利用し、ユーザの嗜好にあうコンテンツを提示する手法について提案を行い、このうちユーザの嗜好情報をユーザの観賞行為から推測する方法についての検証を行った。

これらの成果のうち、ユーザの観賞パターンの分類について、主観での判断だけではなく、数学的な検証も必要ことが考えられる。また提案した推薦の提示手法について、実験を行い、評価することが今後の課題となる。

## 参 考 文 献

- 1) 加藤恒昭, 松下光範: 情報編纂 (Information Compilation) の基盤技術, 人工知能学会全国大会 (第20回) 論文集 (2006).
- 2) 矢徳浩章, 川嶋稔夫: 高精細3次元オンライン美術館, CGアニメーションカンファレンス2007 (2007).
- 3) 工藤佑太, 川嶋稔夫, 柳英克, 中島秀之: 高精細仮想空間におけるアクセス軌跡共有による情報の編纂, 人工知能学会全国大会 (第22回) 論文集 (2008).
- 4) 神嶋敏弘: 推薦システムのアルゴリズム (1), 人工知能学会誌, Vol.22, No.6 (2007).
- 5) Konstan, J.A. and Riedl, J.: Recommender Systems: Collaborating in Commerce and Communities, *Tutorial at ACM CHI2003* (2003).
- 6) Joachims, T.: Optimizing Search Engines using Clickthrough Data, *Proc. 8th Int'l Conf. on Knowledge Discovery and Data Mining*, pp.133-142 (2002).
- 7) Resnick, P., Iacovou, N., Suchak, M., Bergstrom, P. and Riedl, J.: GroupLens: an open architecture for collaborative filtering of netnews, *Proceedings of the 1994 ACM conference on Computer supported cooperative work*, pp.175-186 (1994).