

修士論文

撮影位置・姿勢情報に基づく
観光地映像ブラウジングシステム

鈴木 雄大

2007年3月9日

奈良先端科学技術大学院大学
情報科学研究科 情報システム学専攻

本論文は奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科に
修士(工学) 授与の要件として提出した修士論文である。

鈴木 雄大

審査委員：

横矢 直和 教授

千原 國宏 教授

撮影位置・姿勢情報に基づく 観光地映像ブラウジングシステム*

鈴木 雄大

内容梗概

デジタル映像機器の普及による映像撮影の機会や、映像共有サイトや映像プログラムサービス等の普及による不特定多数が撮影した映像を共有する機会が増えている。このような映像の共有が可能な状況において、目的の映像を検索するための研究やサービスの提供も見られるようになってきている。中でもGPSやコンパスといったセンサ機器が一般的なビデオカメラに付くことを想定し、撮影位置・姿勢情報を有効に利用した索引付け・検索の研究が行われている。しかし、不特定多数のユーザが撮影した共有映像の中から、観光地の様子を容易に把握することができる映像を自動的に検索することを目指した研究はない。そこで、本研究では多数の共有された映像から、観光地を容易に把握できる映像ブラウジングシステムの構築を目指す。本研究では撮影位置・姿勢情報が付加された映像が多数共有されていることを想定し、それらの映像から撮影位置・姿勢情報や撮影対象に基づき重要な映像を検索し地図上に表示することで、観光地映像の効率的なブラウジングを可能にする。重要な撮影位置・姿勢情報の決定には、半自動索引付けシステムから生成される撮影位置・姿勢情報に基づく既存の索引尤度データベースを利用することで、観光地の各撮影対象における重要映像を決定する。本論文では、提案した撮影位置・姿勢情報に基づく映像検索による観光地映像ブラウジングシステムを構築した。

* 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 情報システム学専攻 修士論文, NAIST-IS-MT0551071, 2007年3月9日.

キーワード

撮影位置・姿勢情報, 映像ブラウジング, 映像共有, 映像検索

Sightseeing Spot Video Browsing Based on Shooting Position and Orientation*

Takahiro Suzuki

Abstract

With the spread of digital cameras, occasions of taking videos are increasing in our daily life . Moreover, occasions for many people to share videos are increasing with video sharing sites and video blog services . It is very useful to share the sightseeing spot videos for users who want to know the sightseeing spots . In such a situation, there exist a number of studies and services to retrieve a target efficiently from a lot of videos . Especially, there are some attempts that enable users to index and to retrieve video efficiently based on shooting position and orientation using cameras with GPS and 3D compass . However, there is no technique to retrieve a video by which user can easily understand the sightseeing spot from a lot of shared videos . The purpose of this study is to realize efficient sightseeing spot video browsing for enabling users to understand the sightseeing spot easily . Provided that there are a lot of shared videos with shooting position and orientation, it can be expected that video objects taken by many people and their shooting positions and orientations indicate important spots . The sightseeing spot videos generated based on concatenating with important shooting positions and orientations enable users to understand the sightseeing spot easily . This paper proposes a method for selecting important sightseeing videos generated with important shooting positions and orientations as well as important

* Master's Thesis, Department of Information Systems, Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology, NAIST-IS-MT0551071, March 9, 2007.

objects using an existing map database, which can present appropriate candidates by updating the database using the indexes selected by users as feedback . This paper also presents a prototype of sightseeing spot video browsing system which retrieves videos based on important shooting positions and orientations .

Keywords:

Shooting position and orientation, Video browsing, Shared video, Video retrieval

目次

1. はじめに	1
2. 関連研究と本研究の位置付け	4
2.1 撮影位置・姿勢情報に基づく静止画・動画像の索引付けと検索	4
2.2 静止画・動画像のブラウジング	6
2.2.1 静止画のブラウジングに関する研究	6
2.2.2 動画像のブラウジングに関する研究	7
2.3 本研究の位置付けと方針	10
3. 撮影位置・姿勢情報に基づく観光地映像ブラウジングシステム	11
3.1 ブラウジングシステムの設計方針	11
3.1.1 ブラウジングシステムの対象とする映像	11
3.1.2 観光地を代表する映像の定義	13
3.1.3 映像の索引尤度の取得	13
3.1.4 システムの処理概要	14
3.2 撮影位置・姿勢情報に基づく索引付けによる索引尤度データベースの構築	16
3.2.1 索引尤度データベースの概要	16
3.2.2 索引尤度データベースの構成	17
3.2.3 索引尤度データベースの構築	17
3.3 索引尤度に基づく映像の重要度の決定	21
3.4 映像ブラウジングシステム	23
3.4.1 ブラウジングシステムに要求される機能	23
3.4.2 ブラウジングシステムの概要	23
3.4.3 インタフェース	25
4. 実験	28
4.1 撮影システムの構成	28
4.2 索引尤度データベースの構築	29

4.3	索引尤度データベースを用いた映像重要度の算出	31
4.3.1	各フレームの索引尤度の評価	31
4.3.2	映像重要度と映像索引尤度の関係	31
4.4	観光地を対象にした映像ブラウジング	35
5.	まとめ	37
	謝辞	38
	参考文献	39

目 次

1	写真を地図上で共有するサービス Panoramio[8]	2
2	動画を地図上で共有するサービス [12, 13]	2
3	写真に位置情報をタグとして付加することが可能な WWMX browsing [27]	5
4	建物名を自動的に索引付けするシステム [15]	6
5	相対的なカメラ位置から写真を選択できるブラウジングシステム Photosynth[30]	7
6	空間ハイパーリンク [31]	8
7	関連する被写体から写真を閲覧できる Photo Walker[34]	8
8	ライフログ映像から目的の映像を検索するブラウジングシステム [35]	9
9	経路上から映像を選択可能なブラウジングシステム PathMarker viewer[38]	9
10	撮影機器の例 [26]	12
11	ライフログユーザの外観 [36]	12
12	ウェアラブルユーザの例 [39]	12
13	東大寺大仏殿における撮影位置・姿勢履歴の例	14
14	システム処理のフローチャート	15
15	索引尤度データベースに設定される空間領域と索引	17
16	撮影位置・姿勢情報を持つ写真に対する索引付けの流れ	18
17	位置・姿勢情報に基づく索引候補取得	20
18	各フレームの索引と索引尤度の例	21
19	索引尤度に基づく重要部分映像の検出例	22
20	ブラウジングシステム機能	24
21	インタフェース概要	25
22	映像検索結果	26
23	実験に用いた撮影システムの構成	29
24	五重の塔の写真撮影履歴	30

25	五重の塔の索引尤度	30
26	五重の塔を含む映像の各フレームの索引尤度の例	32
27	五重の塔に関する映像の重要度グラフ	33
28	映像 5 のフレームと索引尤度の例	34
29	映像 9 のフレームと索引尤度の例	34
30	映像 13 のフレームと索引尤度の例	34
31	五重の塔ブラウジング結果例	35

表 目 次

1	テーブル cell	18
2	テーブル feature	18
3	テーブル likelihood	18
4	撮影に用いた機器の仕様	28
5	五重の塔に関する映像の重要度と順位	33

1. はじめに

デジタルカメラのような撮影機器の普及により写真やビデオを撮影することが身近になり、撮影された大量の写真や映像を効率的に管理することが必要となってきた。そこで写真や映像を効率的に管理するためのメタデータが注目されており、写真では撮影日時、位置、撮影内容を記述する Exif[1]、映像では映像内容に関する特徴を記述する mpeg-7[2] 等が標準化されている。メタデータは写真や映像の管理に有用であるが、多くの写真や映像にメタデータを付加することは手間と時間がかかってしまうため、メタデータを効率的に付加することを目的とした研究 [3, 4, 5, 6, 7] が行われている。

また、映像プログサービスや映像共有サイト等の普及により、従来個人で保存していた写真や動画を共有する機会が増えており、このような写真や動画の検索・閲覧に対してメタデータは効果的であると考えられる。例えば、図 1 に示す Panoramio[8] や ALPSLAB photo[9] といった写真を地図上に配置して写真を共有できるサービスや、YouTube[10] で共有されている映像を地図上から検索できる Virtual Video Map[11] というサービス、図 2(a) に示す個人で撮影した映像を地図上で共有することができる Video Maps[12]、図 2(b) に示す地図上で観光地の映像を共有することで観光案内に利用することを旨とする Have a green summer[13] などのプロジェクトがある。これらのサービスでは映像の位置情報を索引として、地名や地図から検索を行うことで、共有された多数の映像を効率的に管理しており、位置情報や地名が有効なメタデータであることがわかる。

このような位置情報に基づく共有サービスと、カメラ付きの携帯電話や GPS 付きのデジタルカメラの普及を想定し、センサから得られた撮影時の位置・姿勢情報を利用することで、写真や映像に写っている建物等の情報の効率的な索引付けを目指した研究 [14, 15] がある。しかし、これらの研究では個人が撮影した写真や映像に索引付けを行うことを目的としているため、多くの人が同じような位置や建物等を撮影する観光地のような場所においては、多数の人が撮影した写真や映像に同じ索引が付けられ、既存のサービスで共有した場合には同じ位置に多数の写真や映像が配置されることになる。観光地の施設の詳細を知りたいユーザがこのような写真や映像を検索した場合、同じ位置に多数の写真や映像が検索結果と

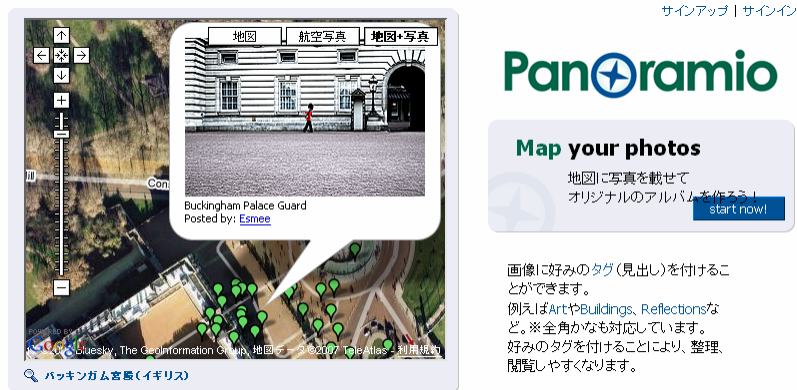


図 1 写真を地図上で共有するサービス Panoramio[8]



(a) Video Maps[12]

(b) Have a green summer[13]

図 2 動画を地図上で共有するサービス [12, 13]

して出力され、目的の写真や映像の閲覧には手間と労力がかかると考えられる。

このような観点から静止画や動画像を効率的にブラウジングするための研究が行われている。写真に付加された撮影時の位置情報を利用して写真を仮想の三次元空間に配置することにより、ユーザが見たい位置から写真を閲覧できることを目指した研究 [16, 17] や、ユーザの指定した出発地点から目的地までの移動経路上で撮影された写真を提示することで、目的地までの道案内を行う写真ブラウジングシステムを試作した研究 [18, 19] がある。また、複数のウェアラブルカメラからの映像を、仮想の三次元空間に配置することで複数のカメラから撮影された映

像を効率的にブラウジングする研究 [20, 21] や、同期した複数のカメラによって撮影された映像の内容の意味をモデル化し、多数の映像間で同じ意味を表すモデルを持つ映像を検索する研究 [22, 23] や、撮影した映像のカメラの位置と被写体の位置の幾何学的な位置関係を考慮することで、効率的な部分映像検索およびブラウジングを行う研究 [24, 25] がある。これらの研究では撮影時の位置を索引として用いることで多数の動画像を効率的に検索できるが、効率的なブラウジングを目指したものではない。

本研究では多数の共有された観光地映像を効率的にブラウジング可能なシステムの構築を目指す。対象とする映像には撮影位置・姿勢情報が付加されており、撮影対象の位置に基づく索引の付加された映像が多数共有されていると想定する。本研究ではユーザが検索した被写体に対して、撮影位置・姿勢からその映像の重要度を算出することで映像の重要度に基づき検索結果を提示し、効率的なブラウジングを実現する。重要な撮影位置・姿勢情報の決定に、半自動索引付けシステムから生成される索引尤度データベース [26] を利用することで、被写体ごとの撮影位置・姿勢に関する索引と索引尤度を映像の各フレームに付加し、索引尤度に基づく観光地における重要映像の決定手法を提案する。また、ブラウジングシステムとして必要な機能の検討を行い、プロトタイプシステムの構築を行う。

以降、2章では、撮影位置・姿勢情報に基づく映像への索引付けと動画像のブラウジングに関する先行研究を概観し、3章では、観光地映像のブラウジングシステムの設計について、4章ではブラウジングシステムを使った実験について述べる。最後に5章で、まとめと今後の課題について述べる。

2. 関連研究と本研究の位置付け

本章では、本研究に関連する従来研究および本研究の位置付けについて述べる。2.1 節では静止画、動画像への撮影位置・姿勢に基づく索引付けに関する研究について、2.2 節では静止画、動画像のブラウジングの従来研究とその課題について、最後に 2.3 節で本研究の位置付けと方針を述べる。

2.1 撮影位置・姿勢情報に基づく静止画・動画像の索引付けと検索

撮影機器や写真・映像共有サイトの普及によって、写真や映像の撮影がより身近になり、撮影の機会は増加している。撮影した写真や映像の管理や効率的な検索には索引付けが有効だと考えられるが、大量の写真や映像に対して索引付けを行うには、手間や時間がかかる。このため、索引付けにかかる手間や時間を軽減するための研究が行われている。特に、現在のカメラ付き携帯電話や GPS 付きのデジタルカメラの普及から、センサの取り付けられたビデオカメラが一般的となることを想定し、センサから得られた撮影時の位置・姿勢情報や、地図を利用することで、写真や映像中に写っていると推定される被写体の名称を静止画や動画像に対して索引として付加するための研究が行われている。

静止画を対象とした Toyama ら [27] の研究では、図 3 に示すように写真に位置情報タグを付加することを提案し、位置情報の取得方法やデータ構造等をシステムに持たせ、タグを利用することで地図上の撮影地点に写真を配置してユーザへ提示する WWMX browsing というブラウジングシステムを構築している。Naaman らの研究 [14] では、写真を撮影時刻や位置に基づいて階層構造のグループに分類し、ユーザがこの階層構造を辿って写真を閲覧する PhotoCompass を構築している。また、これらの自動で索引付けを行うシステムでは、ユーザの意図した情報が画像に付加されないことがあるという問題を解決するため、ユーザの意図を反映させた索引候補をユーザに順位付けて提示し、半自動化による索引付けを目指した岩崎ら [26] の手法が提案されている。

これらの静止画像を対象とした研究に対して、動画像に対して撮影位置・姿勢情報と地図から映像に写っている被写体の索引付けを行った研究を次に挙げる。

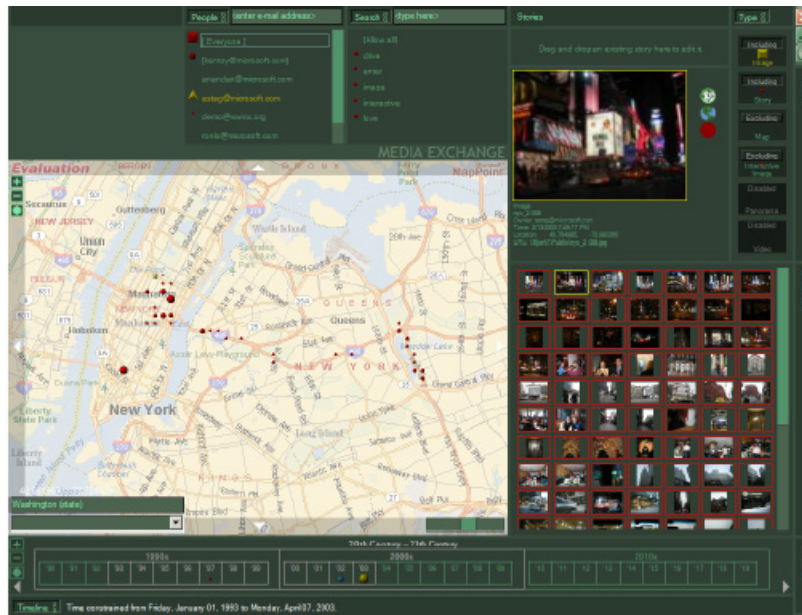


図 3 写真に位置情報をタグとして付加することが可能な WWMX browsing [27]

図 4 に示す佐藤 [15] らは、映像中の全てのフレームに建物や施設名を被写体の索引として付加し、ユーザの見た被写体が写っている部分映像を検索する研究を行っている。また、同一の場所で撮影された位置・姿勢情報を持つ映像が多数ある場合に、撮影位置と注視点の幾何学的な位置関係と撮影者の移動軌跡から、被写体に関する絞込みを行い、多数の映像から共通する位置情報と内容に関する情報を索引付けすることを目指した西岡ら [28] の研究がある。これらの静止画・動画像への索引付けに関する研究では、効率的な索引付けが可能であり、個人で静止画・動画像を保管する場合には有効なシステムであると考えられる。

しかしながら索引付けのみでは、動画像の共有サイトのような、同じ索引を持つ動画像を多く共有することが想定される状況において、検索の際に同じ索引を持つ映像が多数提示されることになり、効率的なブラウジングは難しい。また、検索結果に意図しない冗長な動画像が出力された場合に、動画像を効率的にブラウジングできないという問題がある。

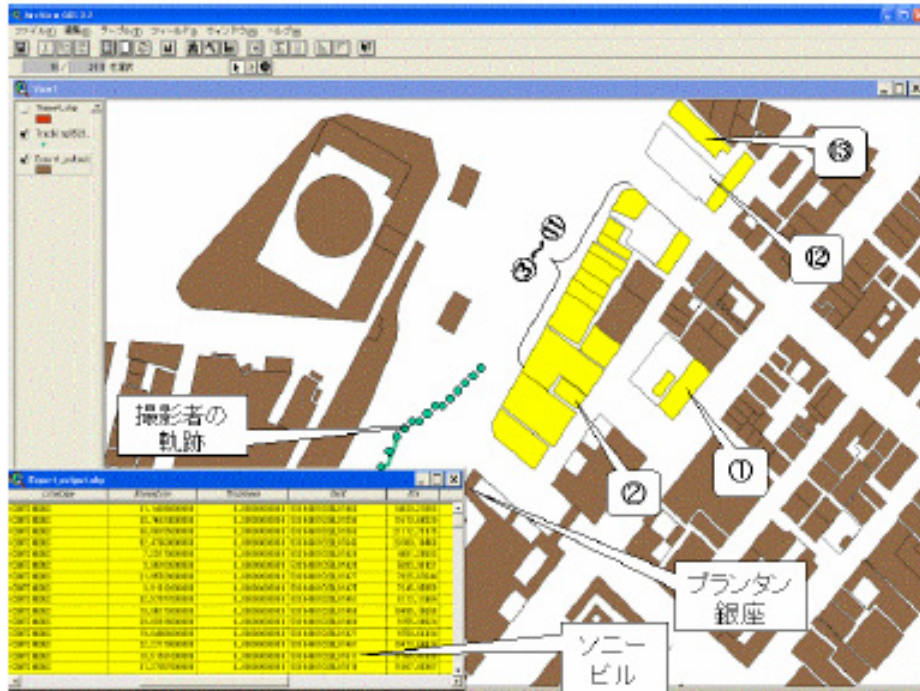


図 4 建物名を自動的に索引付けするシステム [15]

2.2 静止画・動画像のブラウジング

多数の同じ索引を持つ静止画・動画像からユーザの見た映像を効率的にブラウジングしたいという要求から、静止画・動画像のブラウジングに関する研究が行われている。以下、静止画に関するブラウジングと動画像に関するブラウジングに分けて述べる。

2.2.1 静止画のブラウジングに関する研究

静止画に関するブラウジングシステムでは、Snavely らの PhotoTourism[29] や、すでにサービスとして提供されている図 5 に示す Photosynth[30] 等がある。これらのシステムでは web 上で共有している同じ地名などを索引として持つ写真を対象とし、被写体の特徴点から相対的なカメラの撮影位置・姿勢を算出することによって仮想の三次元空間を構成し、写真を配置することで検索結果の写真をユーザの見た位置・視点から選択することが可能なブラウジングシステムが実現さ



図 5 相対的なカメラ位置から写真を選択できるブラウジングシステム Photosynth[30]

れている。

また、同様に田中ら [31, 32, 33, 34] は画像上で同じ特徴点を持つ被写体同士を、図6に示している「空間ハイパーリンク」と呼ばれる手法によって多数の写真を仮想的な位置関係を持つものとして結びつけることで、ユーザが見ている写真と「空間ハイパーリンク」で結び付けられた写真をブラウジングすることを可能とする図7に示すような Photo Walker を提案している。これらの研究では同じ索引を持つ静止画を効率的に閲覧することができるブラウジングシステムとして提案されている。

2.2.2 動画像のブラウジングに関する研究

動画像を効率的にブラウジングするための研究は、ライフログ [35, 36] で盛んに行われている。ライフログとは、人がカメラやGPSといったセンサとPC等からなるウェアラブル機器を装着した状態で生活をし、その人の行動を映像やセンサ情報として記録しておくことで、その人の一生を記録するという試みである。ラ

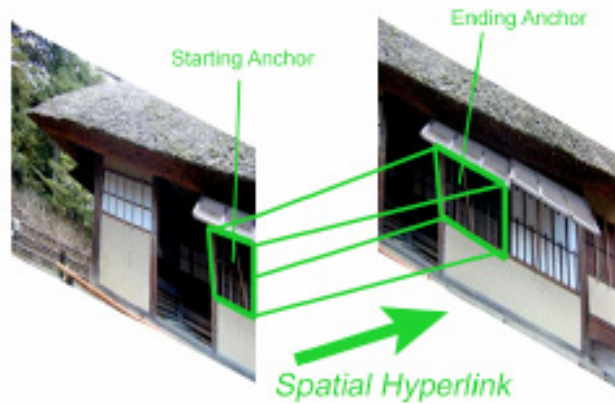


図 6 空間ハイパーリンク [31]



図 7 関連する被写体から写真を閲覧できる Photo Walker[34]

イフログにより撮影された映像は膨大であり、そのため効率的に目的の映像や見たいシーンを検索することを目指した研究が行われている。堀らはユーザの視野と同じ映像や、音声、位置・姿勢、加速度、脳波といった情報をセンサによって同時に記録するシステム [35] を作成し、ライフログを閲覧する場合に、人が記憶を辿る際に考える「いつ、どこで、だれとどのような状況で…」というキーワードを、センサ情報を基に索引付けすることで、図 8 に示している映像検索のためのブラウザを作成している。

上田ら [37] は地図に記載された建物名や施設名を地理オブジェクトと呼び、撮



図 8 ライフログ映像から目的の映像を検索するブラウジングシステム [35]



図 9 経路上から映像を選択可能なブラウジングシステム PathMarker viewer[38]

影位置付近に存在する地理オブジェクトや、映像に写っている地理オブジェクトを重要であると仮定し、撮影位置・姿勢の情報と地図を利用することで、撮影位置から地理オブジェクトまでの距離が近いほど大きな重み付けを行う「位置に関する評価値」と、撮影オブジェクトがカメラの中心に写っているほど大きな重み付けを行う「撮影姿勢に関する評価値」から映像の重要度を算出し、映像の重要部分映像の要約とブラウジングを行うシステムを作成している。

これらの研究では冗長な映像中から、見たい部分映像を効率的に検索することを可能にしている。Samadani ら [38] の研究では、ユーザが旅行中に GPS 付きの

カメラによって撮影した位置付きの映像を地図上に配置し、旅行でたどった経路と旅行中に撮影した映像を地図上に表示することで、図9に示すような旅行中に撮影した映像を時系列順に見ることができる PathMarker viewer を構築している。しかし、これらのブラウザではユーザの記憶の支援を目的としているために、撮影したユーザが自分の行動をもとにブラウジングを行うことを想定しており、他人が撮影した映像を対象としたものではない。このため複数のユーザが撮影した映像を対象にした、効率的なブラウジングシステムの検討が必要であると考えられる。

2.3 本研究の位置付けと方針

多数の共有された静止画・動画像を効率的に閲覧するためには、新たなブラウジング手法が必要である。そこで、本研究では撮影位置・姿勢情報に基づき動画像の重要度を決定する手法を考案し、観光地映像を効率的にブラウジングするためのシステムの構築を目指す。ブラウジングに関するユーザの要求を以下のようなものと想定し、

- どの映像から見ればいいのかわからない。
- 映像の内容を見なくても、映像の内容を把握したい。

観光地映像を効率的にブラウジングするための方針として以下の二点を設定する。

- 半自動索引付け手法 [26] による索引尤度データベースを利用した動画像の重要度の決定とそれに基づく映像の順位の提示
- 撮影位置・姿勢情報を映像の内容を把握しやすい形で可視化

半自動索引付け手法 [26] による索引尤度データベースは、撮影頻度の高い撮影位置・姿勢の履歴を持っているため、このデータベースから建物を撮影するのに良いと思われる位置・姿勢情報が推定可能である。撮影するのに良いと思われる位置・姿勢情報から映像の重要度を算出し、重要度を基にした検索結果の提示を行う。また、撮影位置・姿勢を地図上に示すことで、本ブラウジングシステムを使うユーザが映像の内容を直感的に理解できるインタフェースを実装する。

3. 撮影位置・姿勢情報に基づく観光地映像ブラウジングシステム

本研究では映像の重要度に基づき、観光地映像群を地図上で効果的に可視化することを目指す。映像の重要度は撮影時の位置・姿勢情報に基づき決定する。本章では、本研究で対象とする映像と観光地における重要映像の定義、映像の重要度算出に用いた索引尤度データベース [26]、観光地映像を効果的に地図上へ可視化するための機能について述べる。

3.1 節では対象とする映像と観光地における重要映像の定義について述べる。3.2 節では本研究で用いた索引尤度データベースについて述べる。3.3 節では映像の重要度の決定方法について述べる。3.4 節ではブラウジングシステムの機能について述べる。

3.1 ブラウジングシステムの設計方針

3.1.1 ブラウジングシステムの対象とする映像

本研究では、カメラに GPS 等の位置センサと電子コンパス付きのジャイロセンサ等の姿勢センサなどを取り付けることで、取得した撮影時の位置・姿勢が既知である映像を対象としている。例えば、図 10 のような機器を利用することで、撮影位置・姿勢情報を取得することができる。他にも、図 11 に示すライフログに用いられるシステム [36] で保存される映像や、GPS とジャイロセンサから構成されるシステム以外でも、図 12 のような撮影位置・姿勢情報の推定が可能なウェアラブルシステム [39] により、本研究で対象とする映像を取得することができる。このような映像に対して索引尤度データベースを用いることで、映像に撮影位置・姿勢情報に基づく被写体名とその索引尤度を付加する。手法 [26] は写真に対して半自動で索引付けを行うものであるが、本研究では映像の全フレームに対して、被写体名とその索引尤度を自動的に付加することで、映像全体への索引付けを行う。索引尤度については 3.1.2 において詳述する。

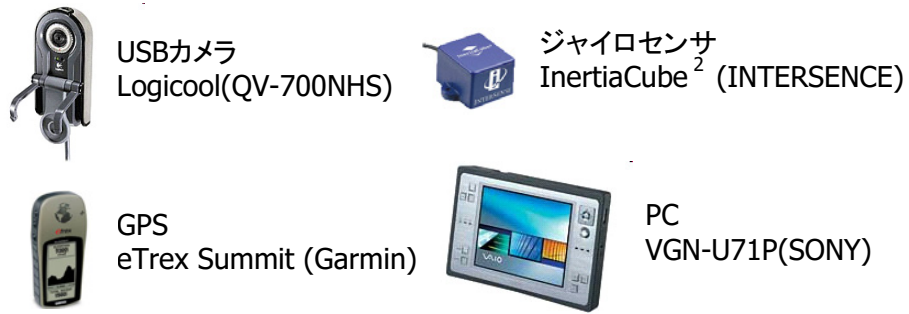


図 10 撮影機器の例 [26]



図 11 ライフログユーザの外観 [36]

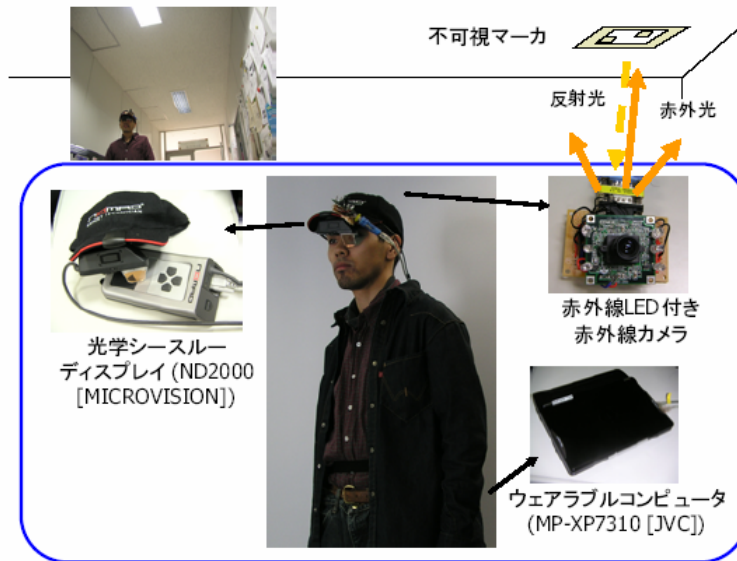


図 12 ウェアラブルユーザの例 [39]

本研究では、撮影位置・姿勢情報付きの映像の中でも、観光地映像が多く共有されているという状況を想定する。これは観光地には著名な被写体が多く存在し、観光地を歩きながら撮影する人が多いことや、著名な被写体の写った映像を見たいという要求が多いことによるものである。撮影位置・姿勢情報付きの映像が共有される状況は、現在、電子コンパス付きのGPS携帯が普及しつつあることから、今後一般的になることが予想される。また、映像ブログなどのサービス等はすでに一般に提供されており、多くの映像を共有する環境は容易に構築できると考えられる。

3.1.2 観光地を代表する映像の定義

本研究では観光地を代表する映像を、「ユーザが知りたい観光地を容易に把握できる映像」と定義する。観光地を訪れる観光客の多くが撮影した位置・姿勢は、その観光地における重要な位置や著名な被写体に関係していると考えられる。例えば、図13に示すように東大寺大仏殿周辺の撮影位置・姿勢の履歴が大量にある場合、訪れた観光客の多くが、東大寺大仏殿を撮影した位置・姿勢を推測することができる。このような撮影頻度の高い撮影位置・姿勢は被写体を撮影するのに適していると思われる場所であると考えられる。本論文ではこのような、ある位置における被写体の撮影される可能性の高さを「索引尤度」と定義する。

「索引尤度」の高い位置・姿勢で撮影された映像は重要度の高い映像とし、この重要度の高い映像を観光地を簡単に把握できる映像としてユーザに提示する。本研究では、映像の「重要度」を「索引尤度」から求めるアプローチを採る。

3.1.3 映像の索引尤度の取得

観光地を簡単に把握できる映像を取得するためには、映像に写っている被写体の情報を索引付けることが必要である。本研究では撮影位置・姿勢情報を持つ映像を対象にしているが、撮影位置・姿勢情報を用いて映像に索引付けを行う既存の手法には佐藤ら[15]や上田ら[37]の手法がある。これらの手法では撮影位置・姿勢情報と地図を用いて、被写体の地名・施設名を自動的に索引付けることがで

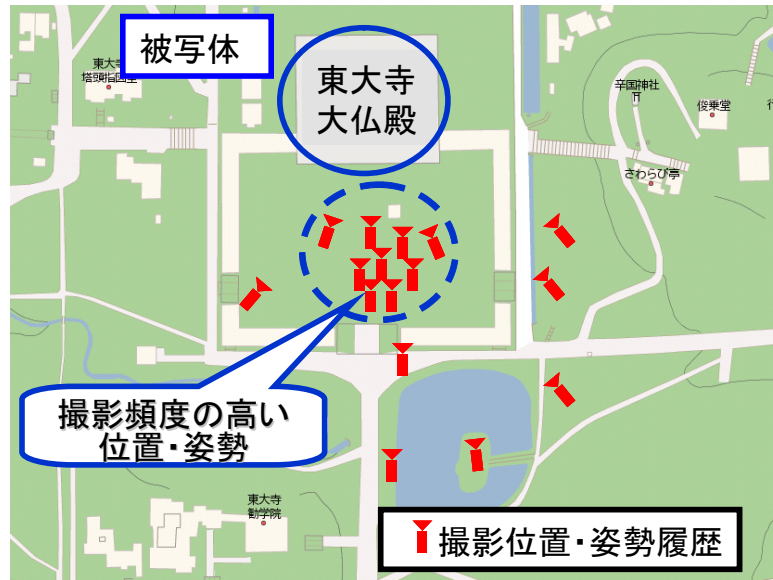


図 13 東大寺大仏殿における撮影位置・姿勢履歴の例

きる．しかし，本研究では索引付けを行う以外に，撮影位置・姿勢に基づく索引尤度を算出する必要がある．そこで，以下のような利点を持つ岩崎ら [26] の手法を用いる．

- 半自動で索引付けを行うため，信頼性の高い索引付けが可能である．
- 半自動による写真への索引付けシステムであり，被写体ごとの位置・姿勢の履歴を持つ索引尤度データベースを構築可能である．
- 地図データベースにない被写体に索引を付加することができるため，一般の地図に記載されていない地名や施設名を含む索引尤度データベースを構築可能である．

3.1.4 システムの処理概要

本研究で提案するシステムでは，図 14 に示すとおり映像の重要度算出処理とブラウジング処理が必要である．映像の重要度の算出には索引尤度データベース

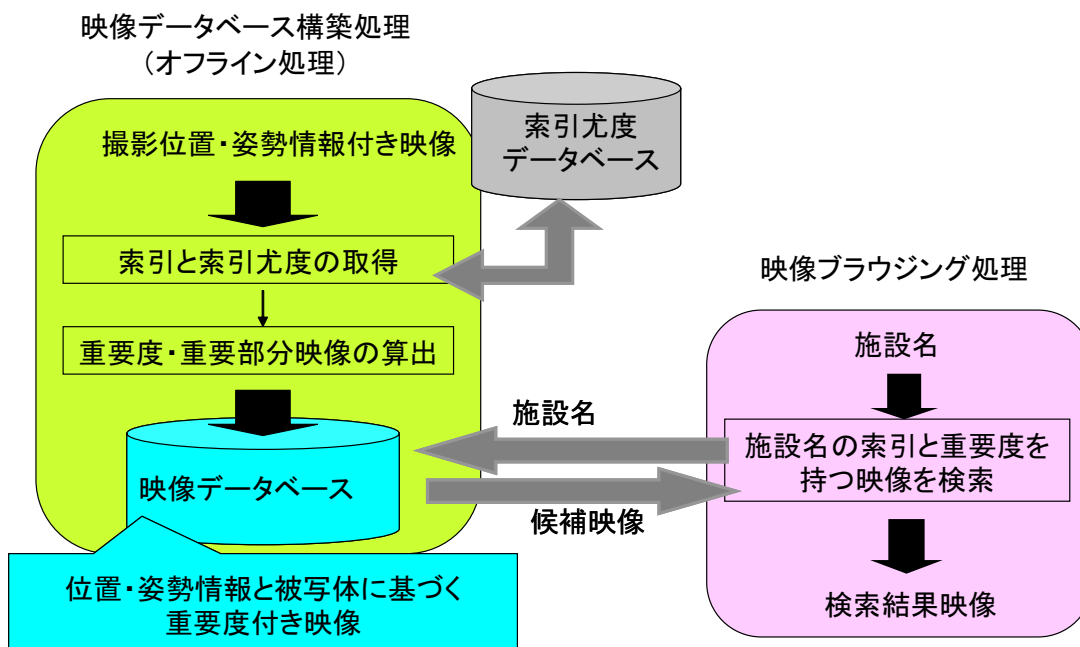


図 14 システム処理のフローチャート

を用い、映像への索引付加と映像の重要度の算出を行う。映像と算出した重要度を保持する映像データベースの構築には以下の処理を行う。

- 撮影位置・姿勢情報に基づく映像への索引・索引尤度の付加
- 被写体ごとの撮影位置・姿勢情報の索引尤度に基づく映像の重要度の算出・重要部分映像の検出

映像ブラウジング処理では、映像データベースから検索した結果を効果的に提示するために以下の処理を行う。

- ユーザが入力した観光地の施設名・地名を索引として持つ候補映像の検索
- 映像の重要度に基づく検索結果の順位付けと重要度に基づくキーフレームの表示

3.2 撮影位置・姿勢情報に基づく索引付けによる索引尤度データベースの構築

映像に付加する索引は、索引尤度データベースから撮影位置・姿勢情報に基づいて取得される。この索引尤度データベースは、撮影位置および被写体位置に基づく索引の索引尤度を位置ごとに保持するものである。各位置に設定される索引の索引尤度は、ユーザが写真や映像に対して半自動の索引付けを行うことで得られ、撮影位置・姿勢情報をもった写真とその索引の組を用いることで索引尤度データベースが構築される。したがって、ユーザにより索引付けされた写真が得られるごとに、その情報は索引尤度データベースへとフィードバックされ、ユーザによる索引付け作業の効率化を図ることを目的としたデータベースの更新が行われる。以下で、本研究で利用した索引尤度データベースの概要、構成、構築方法について述べる。

3.2.1 索引尤度データベースの概要

図 15 は索引尤度データベースに設定される空間領域と各空間領域に与えられる撮影索引尤度の例を示す。本論文では以下のような語句を定義する。

[空間領域] 索引を設定する対象となる実空間での領域を指す。それぞれの空間領域について、撮影位置としてまたは被写体位置としての尤もらしさが設定される。

[索引尤度] ある地名もしくは建物名を、注目する空間領域の索引とすることの尤もらしさを示す。

[索引尤度データベース] 空間領域ごとに、その領域を撮影位置とするまたは被写体位置とする索引と索引尤度により構成されるデータ群を保持する。

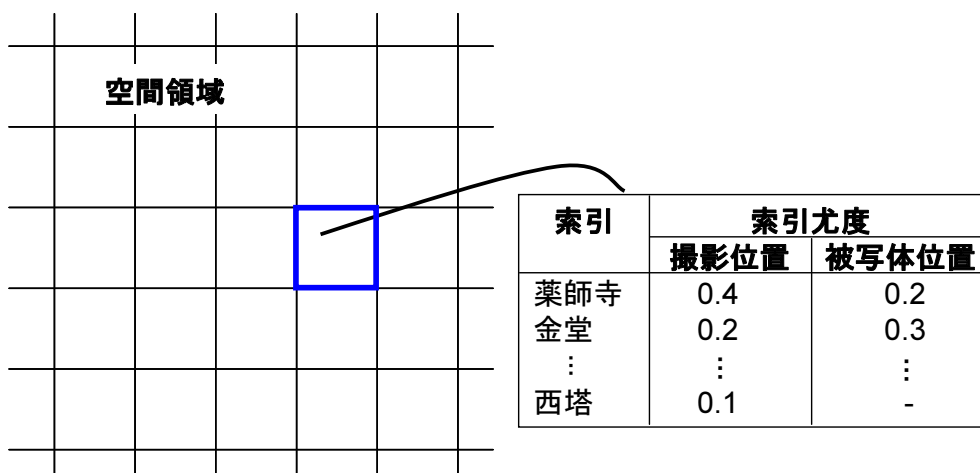


図 15 索引尤度データベースに設定される空間領域と索引

3.2.2 索引尤度データベースの構成

表 1~3 に索引尤度データベースにおけるテーブルの構成とデータ例を示す。索引尤度データベースは, cell, feature, likelihood の 3 つのテーブルから構成され, 各テーブルの詳細は以下の通りである。

[cell] 索引尤度を設定する空間領域の位置とその位置に設定される索引尤度 ID を記述する。

[feature] 被写体の地名や建物名を記述する。

[likelihood] ある空間領域における, ある被写体の索引を記述する。

3.2.3 索引尤度データベースの構築

図 16 に岩崎らが提案した撮影位置・姿勢情報をもつ写真に対する索引付け [26] の処理の流れを示す。各処理の詳細は以下の通りである。

1. ユーザは GPS やジャイロ, コンパス等のセンサとカメラを用い, 撮影位置・姿勢情報付きの写真を取得する。

表 1 テーブル cell

id	latitude	longitude	likelihood_id[]
1	34.6670	135.7840	{1,3}
2	34.6675	135.7840	{2}
⋮	⋮	⋮	⋮

表 2 テーブル feature

id	caption
1	薬師寺
2	金堂
⋮	⋮

表 3 テーブル likelihood

id	feature_id	likelihood_shoot	likelihood_subject
1	1	0.6	0.5
2	1	1.0	0.0
3	2	0.4	0.5
⋮	⋮	⋮	⋮

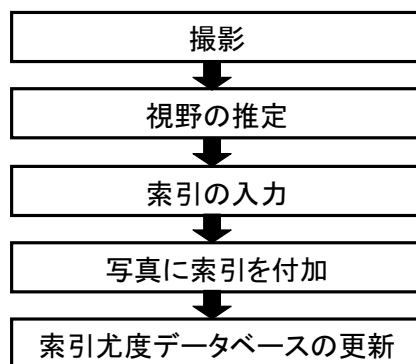


図 16 撮影位置・姿勢情報を持つ写真に対する索引付けの流れ

2. 索引候補生成のため、撮影地点の位置・姿勢情報とカメラパラメータから撮影時の視野を推定する。
3. 推定した視野を用いて索引尤度データベースを参照し、視野内の地名や施設名を取得する。取得した地名や施設名は、写真の索引候補としてユーザに提示され、ユーザは提示された候補の中から被写体に適切な索引を選択する。

4. ユーザにより選択された索引は写真のメタデータとして設定する.
5. 選択された索引を索引尤度データベースへのフィードバックとして索引尤度データベースの更新を行う.

上記の手順で写真に対して索引が付加され, ユーザは索引に基づく閲覧や検索を行うことが可能となる. また, ユーザによる入力をフィードバックとした索引尤度データベースの更新を行うことで, ユーザに提示される索引候補やその提示順序を変化させ, ユーザによる索引付け作業の効率化を図る.

本論文で提案するシステムは, この索引付けの機構を用いることで索引候補の取得および索引尤度データベースの作成, 更新を行う. なお, 索引尤度データベースの初期状態は市販の地図ソフトウェア等に含まれるデータからなるものとする.

構築した索引尤度データベースを用い, 写真または映像の撮影時の位置・姿勢情報に基づき, 索引候補を取得する方法は以下の通りである. 図 17 は, 写真の撮影位置・姿勢情報に基づく索引候補取得において注目する領域を示したものである. 索引候補は,

- 撮影位置から閾値以内の半径に含まれる空間領域

$$reg_{shoot} = \{c_i | d(c_o, c_i) \leq th_{shoot}\}$$

の撮影位置に関する索引尤度

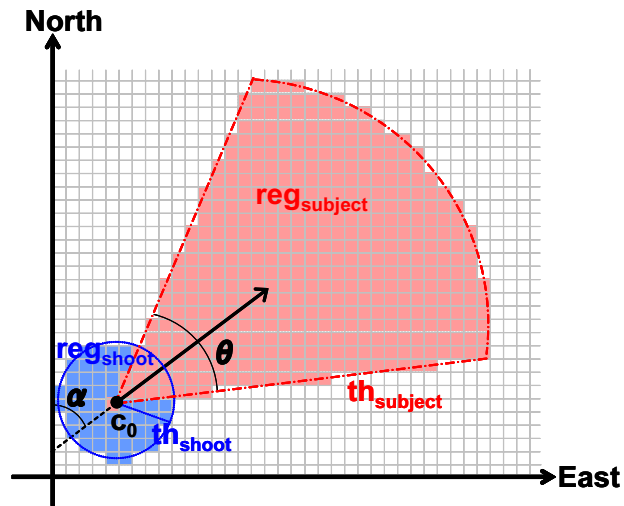
- 奥行き方向に閾値以内の視野に含まれる空間領域

$$reg_{subject} = \{c_i | d(c_o, c_i) \leq th_{subject}, \frac{\pi}{2} - (\alpha - \frac{\theta}{2}) \leq arg(c_o - c_i) \leq \frac{\pi}{2} - (\alpha + \frac{\theta}{2})\}$$

の被写体位置に関する索引尤度

(c : セル, c_o : 撮影地点を含むセル, $d(c_o, c_i)$: セル c_o からセル c_i までのユークリッド距離)

に基づき領域内で得られた索引尤度に対して, 撮影位置からの距離に比例した重みをかけた総和の大きなものから順に取得する.



- reg_{shoot} : 撮影位置に関する索引候補取得領域
- reg_{subject} : 被写体に関する索引候補取得領域
- th_{shoot} : reg_{shoot} における撮影地点からの距離の閾値
- th_{subject} : reg_{subject} における撮影地点からの距離の閾値
- α : 撮影方向
- θ : 視野角

図 17 位置・姿勢情報に基づく索引候補取得

N 枚目の写真撮影時のセル c_i の重みは、撮影位置に関する索引候補取得領域において

$$w_{shoot}(c_i, N) = 1 - \frac{d(c_o, c_i)}{th_{shoot}}$$

被写体に関する索引候補取得領域において

$$w_{subject}(c_i, N) = 1 - \frac{d(c_o, c_i)}{th_{subject}}$$

により算出し、

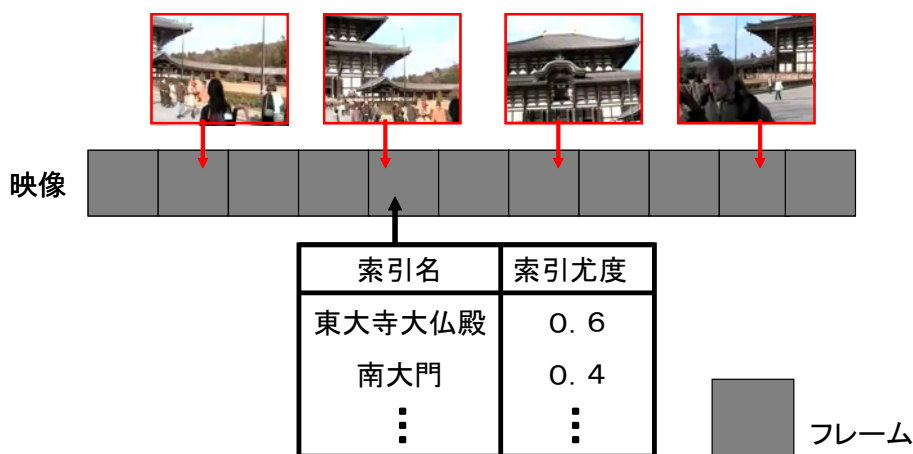


図 18 各フレームの索引と索引尤度の例

N 枚目の写真撮影時のセル c_i における被写体 f_j の索引尤度は,

$$\frac{1}{N-1} \sum_{k=1}^{N-1} \left\{ w_{shoot}(c_i, N-1) \times \sum_{i \in th_{shoot}} likelihood_k(c_i, f_j) + w_{subject}(c_i, N-1) \times \sum_{i \in th_{subject}} likelihood_k(c_i, f_j) \right\}$$

から算出する。

3.3 索引尤度に基づく映像の重要度の決定

映像への索引付けには, 前節で述べた索引尤度データベースを利用する。図 18 に示すように, 映像の各フレームには撮影位置・姿勢情報が付加されており, 撮影位置・姿勢情報に基づき索引尤度データベースから取得した索引候補と索引尤度が各フレームへ付加されている。

3.1.2 で述べたように, 索引尤度は被写体 (f) を撮影した際の位置・姿勢の撮影頻度の高さを示し, 観光地映像の重要度算出に用いる。重要度は映像における全フレームの索引尤度の総和により算出するが, 映像が長いほど重要度が増加するため, 索引尤度の総和をフレーム数で正規化した以下の式によって算出する。

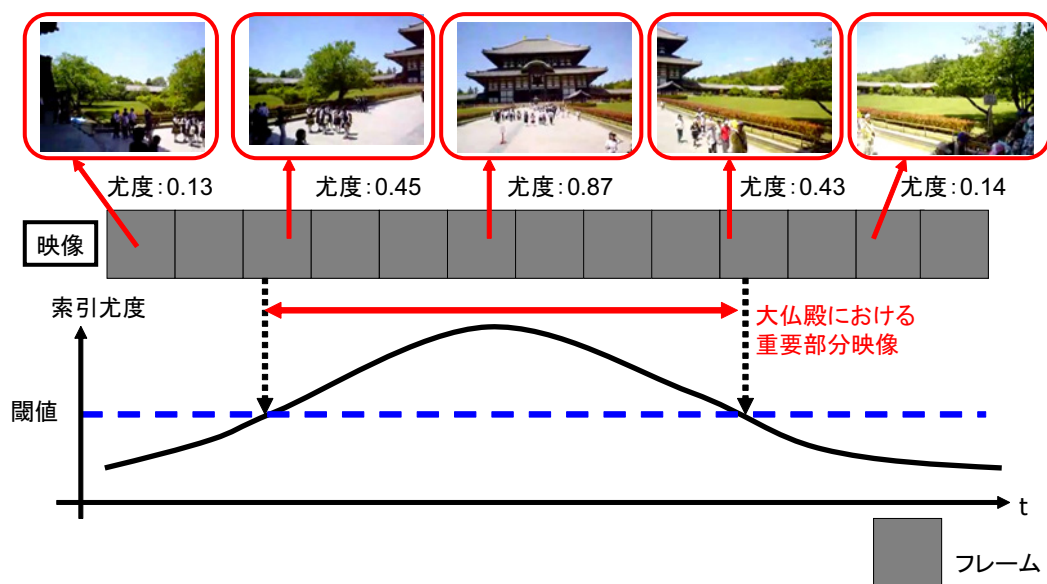


図 19 索引尤度に基づく重要部分映像の検出例

$$\text{映像重要度}(f) = \sum_{l \in M} \frac{\text{likelihood}_l(f)}{M} \quad (M: \text{映像全体のフレーム数})$$

本研究ではユーザがこれから訪れる観光地を知りたい場合に、観光地の地名や施設名で検索を行うことを想定していることから、対象とする被写体の写っていない映像を省いて閲覧したいという要求が想定される。このため、目的とする効率的な観光地映像のブラウジングには、対象とする被写体が写っていない映像を省略して閲覧できる機能が必要である。また、索引尤度の高い部分映像のみを見たいという要求等も想定され、ユーザの入力した検索ワードに対応する索引の索引尤度が閾値以上である部分映像として検出する。以下、このような重要部分映像を「重要部分映像」とする。

図 19 に索引尤度に基づく重要部分映像の検出例を示す。ここでは、検索対象を大仏殿とし、大仏殿の写った映像から重要部分映像を検出する。各フレームに付加された大仏殿の索引尤度が高いほど実際に大仏殿が映っている可能性が高いと仮定し、索引尤度が連続して閾値以上である部分を重要部分映像として検出する。

また、本研究で構築するブラウジングシステムではそれぞれの映像において、最も索引尤度の高いフレームを映像の内容を表す画像として提示する。本論文ではこのフレームを「キーフレーム」と定義する。

3.4 映像ブラウジングシステム

3.4.1 ブラウジングシステムに要求される機能

本研究で提案するブラウジングシステムは、観光地をこれから訪れる人が、観光地のお薦めスポットや雰囲気を知りたい場合に、共有された多数の観光地映像から目的の映像を検索することを想定する。

本研究で構築するブラウジングシステムでは、被写体ごとの映像の重要度に基づいて順位付けした結果の提示と、映像内容を容易に把握できる機能が必要となる。そこで、以下のような機能を実装することで本研究の目的を満たすブラウジングシステムを構築する。

- 選択映像の重要度に基づく順位で並べたキーフレームの表示機能
- 地図上で映像の撮影位置・姿勢を時系列情報として表示する機能

3.4.2 ブラウジングシステムの概要

本研究で提案するブラウジングシステムを利用するユーザは、検索を行う場合に以下の操作を行う。

1. 検索ボックスに観光地の地名・施設名を検索ワードとして入力
2. 地図ビューに提示された撮影位置・姿勢情報から映像を選択、または検索結果のサムネイルビューに重要度に基づく順番に並べられたキーフレームから映像を選択
3. 映像再生ビューで選択した映像の再生

ブラウジングシステムの機能を図 20 に示し以下で詳述する。



図 20 ブラウジングシステム機能

[検索ボックス] ユーザにより入力された観光地の地名や施設名の映像を検索する。

[観光地選択リスト] 観光地の地図を切り替える。

[地図ビュー] 観光地の地図を表示し、撮影位置・姿勢情報から観光地映像の内容を表示する。

[検索結果のサムネイルビュー] 重要度の高い順にキーフレームを表示する。

[映像再生ビュー] ユーザにより選択された映像を再生・停止する。



図 21 インタフェース概要

3.4.3 インタフェース

本項ではユーザがブラウジングシステムで映像を検索・閲覧を行うための操作方法について述べる。

[観光地の選択]

ユーザは目的の映像を検索する場合、最初に観光地の地名や施設名を観光地選択リストから選択し、目的の観光地付近の地図を表示する。

[観光施設映像の検索]

観光施設の映像を検索するには検索ボックスに目的の施設名を入力する。検索ボックスにテキストを入力するにはキーボードを使って文字を入力する、又は地図上の図 21 で示す施設名選択範囲を右クリックすることで観光



図 22 映像検索結果

施設名を入力する．検索ボックスに観光施設名を入力し，検索ボタンを押し検索を開始する．

検索結果は図 22 のように地図ビューに撮影位置・姿勢マークが表示され，赤で示した撮影位置・姿勢マークは重要度の高い映像で，青で示した撮影位置・姿勢マークは重要度の低い映像となっている．サムネイルビューにキーフレームと順位が表示され，キーフレームは左上が一位で右下が最下位の順に表示される．

[映像の選択]

検索結果の映像を見るには，地図ビューの撮影位置・姿勢マークや，サムネイルから選択を行う．地図上の撮影位置・姿勢マークにマウスカーソル

を合わせて右クリックするか、サムネイルを左クリックすることによって見たい映像を選択する。図 22 で示したように選択した撮影位置・姿勢マークは拡大され、キーフレームが地図ビューに表示される。サムネイルビューでは選択したサムネイルに矩形の枠が付くことで、選択した映像がどれであるかが示される。

[映像の再生]

選択した映像を再生するには再生ビューの再生ボタンを押す。映像の再生位置の確認は再生ビューでは図 22 のように再生バーによって再生フレームの位置を、地図ビューでは再生しているフレームの撮影位置・姿勢を黒いカメラのマークで表示することにより、映像の長さや現在の再生位置を把握できる。

映像の撮影位置・姿勢の表示は、撮影位置・姿勢全ての表示、又は、被写体ごとに重要だと判断された経路のみの表示を切り替える機能を備えている。映像の撮影経路全ての閲覧か、映像の一部である重要部分映像のみの閲覧を、ラジオボックスから選択することが可能である。

[その他の機能]

地図ビューには図 21 で示した地図の拡大・縮小バーを備えており、拡大・縮小バーを上下させると、地図の拡大・縮小を行うことができる。また、地図ビュー上でマウスをドラッグさせることで視点移動ができる。地図には図 20 に示すような通常の地図と図 21 で示すような地図と航空写真を組み合わせたものを用意しており、地図の切り替えボタンによって、切り替えることができる。

4. 実験

本章では構築した映像ブラウジングシステムにより出力される映像の重要度が索引尤度を反映したものであることを確認する。

4.1 節では実験で用いた撮影機器の構成を, 4.3 節では実験で用いた索引尤度データベースについて, 4.3 節では索引尤度と映像の内容について述べ, 最後に 4.4 節では実際にブラウジングシステムを使用した結果について述べる。

4.1 撮影システムの構成

本実験において用いた撮影システムは, PC と GPS, 電子コンパス付きのジャイロセンサを組み合わせたもので, カメラは PC に内蔵されているものを用いた。それぞれの機器の詳細な仕様を表 4 に, 撮影システムの機器構成を図 23 に示す。

撮影は 30fps で行い, 撮影した映像の各フレームには自動的に撮影時の位置・姿勢情報が付加される。今回使用した GPS のデータ取得周期は 1 秒であるが, 一般的に観光地で撮影する際は徒歩であり 1 秒間の移動量は小さいため, 位置推定に影響ないものと考えられる。したがって, 1 秒間に撮影されるフレームは全て同じ位置であると仮定して GPS による撮影位置データを補間した。

表 4 撮影に用いた機器の仕様

VGN-UX90PS (SONY)	CPU: Intel Core Solo U1300(1.06GHz)
内蔵カメラ	134 万画素, 水平画角: 50.7 °, 垂直画角: 39 . 1 °
InertiaCube ³ (INTERSENSE)	角度精度: 1 °(Yaw), 0.25 °(Pitch & Roll)
BT338(GlobalSat)	位置精度: 10m 2DRMS



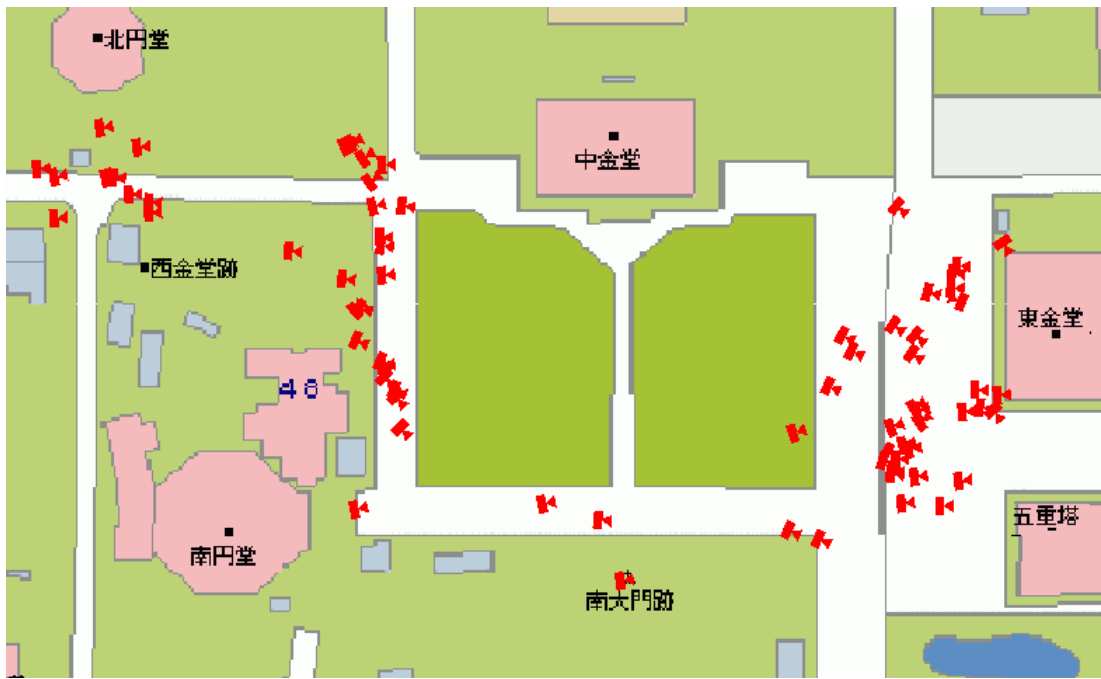
図 23 実験に用いた撮影システムの構成

4.2 索引尤度データベースの構築

映像の重要度を算出するため、映像を撮影する前に索引尤度データベースを構築する。索引尤度データベースの構築は以下の手順で行った。

1. 撮影者は図 23 に示す撮影システムを用い、観光地内において自由に写真を撮影する。
2. 撮影した写真に岩崎らの手法 [26] を用いて索引付けを行う。

本実験では、奈良公園内の「五重の塔」、「東金堂」、「南円堂」について索引尤度データベースを作成した。撮影した写真は 181 枚で、そのうち「五重の塔」として 72 枚、「東金堂」として 55 枚、「南円堂」として 54 枚が索引付けされた。図 24 は「五重の塔」と索引付けされた写真の撮影位置・姿勢を示し、図 25 は作成された「五重の塔」に関する索引尤度データベースを示している。図 24 と図 25 から、撮影頻度の高い地点は索引尤度が高いことがわかる。



📍 撮影位置・姿勢

図 24 五重の塔の写真撮影履歴

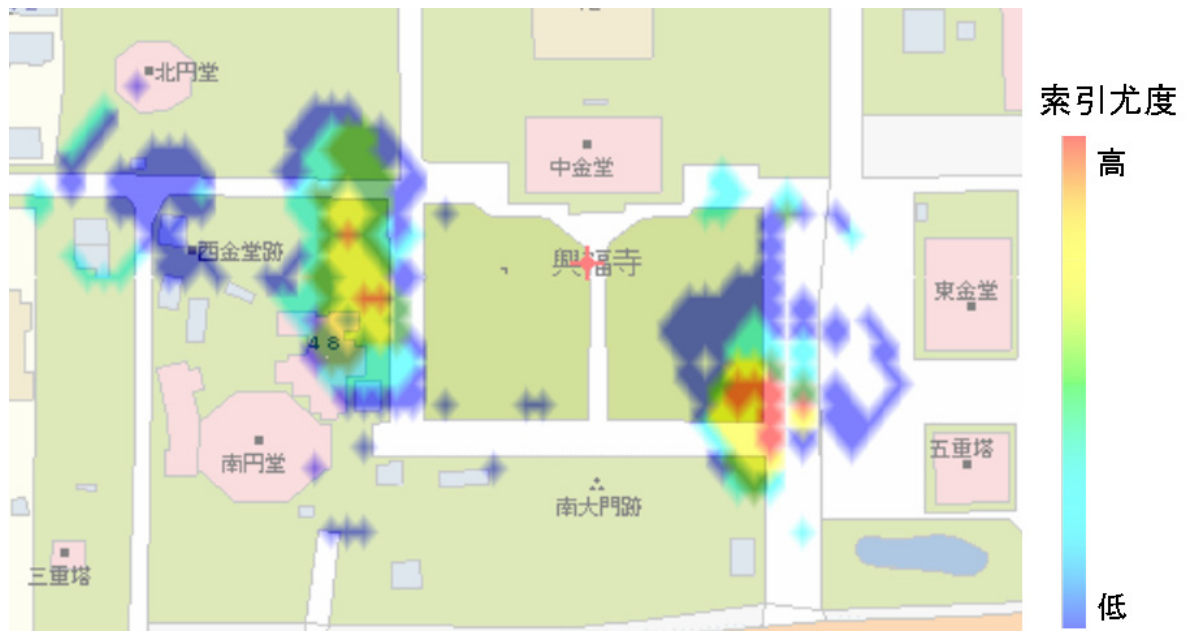


図 25 五重の塔の索引尤度

4.3 索引尤度データベースを用いた映像重要度の算出

索引尤度を用いて算出した重要度と、これに基づいて取得した映像が目的とする観光地映像であるかを確認する評価実験を行った。

4.3.1 各フレームの索引尤度の評価

実験で用いた映像は以下のように取得した。

1. 図 23 に示す撮影システムを用いて観光地内において自由に映像を撮影する。
2. 映像の各フレームに索引尤度データベースを用い、索引及び索引尤度を付加する。
3. 取得した索引尤度に基づき、被写体ごとの映像重要度を算出する。

前節で構築した索引尤度データベースを用いて五重の塔付近で撮影した映像の各フレームに、五重の塔に関する索引尤度を取得した結果を図 26 に示す。図 26 は各フレームの索引尤度のグラフと、撮影経路とその付近の索引尤度を示している。矢印はその方向に移動しながら撮影した経路であることを表している。図 26 から、映像の各フレームに対して索引尤度データベースに基づく索引尤度が正しく付加されていることがわかる。また、索引尤度の低いフレームでは五重の塔が写っていないことや木の陰に隠れていることがある一方、索引尤度の高いフレームでは五重の塔が写っていることがわかる。

4.3.2 映像重要度と映像索引尤度の関係

五重の塔周辺で撮影した映像 18 本について、それぞれ映像重要度を算出し、映像の順位付けを行った。五重の塔周辺で撮影した映像の順位を表した値を表 5 に、索引尤度のグラフを図 27 に示した。図 27 では 7 本の映像について重要度をグラフにしている。図 27 と表 5 を見てみると、映像 5、映像 17 は上位に、映像 1、映像 7 は下位に順位付けされていることから、高い索引尤度を含む映像が上位に挙げられていることがわかる。このことから、索引尤度データベースを反映した、映像重要度が設定されていることがわかる。ただし、映像全体の重要度は各フレームの平

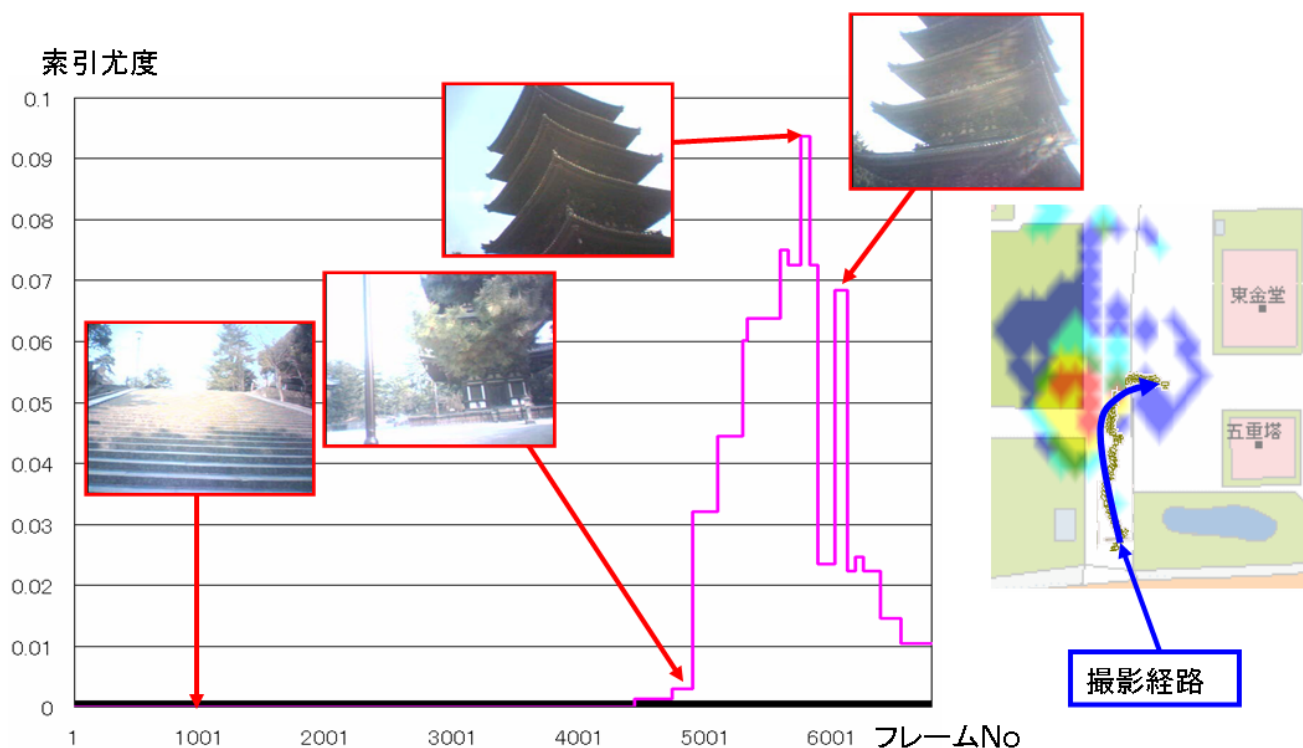


図 26 五重の塔を含む映像の各フレームの索引尤度の例

均値としているため、最大索引尤度が最も高い値を持つ映像 15 は、索引尤度が 0 であるフレームが多数存在するために、重要度が低く設定されていた。このように、索引尤度が 0、又は索引尤度が極端に低いシーンが多い場合には、ある一定の閾値以上である「重要部分映像」のみで平均値を算出することで、索引尤度をより反映した検索結果となると考えられる。本研究で試作したブラウザには、重要部分映像のみの検索を行う機能があり、映像の重要部分のみを表示するブラウジングと、映像全体をブラウジングする二つのブラウジングをユーザが自分の目的に合わせて使い分けることで、より効率的な観光地映像のブラウジングができると考えられる。ただし、映像 9 に関しては索引尤度が徐々に低くなっている映像であり、一意に閾値を定めることは難しい。閾値決定方法について、今後検討する必要がある。

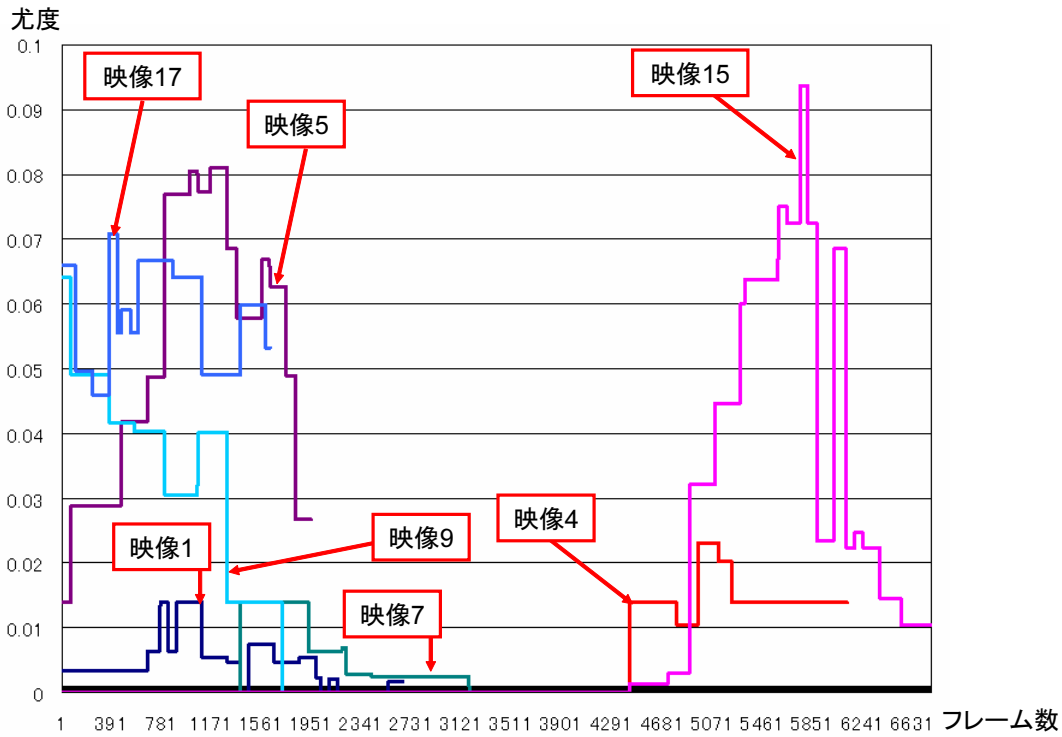


図 27 五重の塔に関する映像の重要度グラフ

表 5 五重の塔に関する映像の重要度と順位

順位	映像名	重要度	順位	映像名	重要度
1 位	映像 17	0.05803	10 位	映像 2	0.00441
2 位	映像 5	0.05218	11 位	映像 16	0.00359
3 位	映像 9	0.03181	12 位	映像 7	0.00350
4 位	映像 10	0.02285	13 位	映像 15	0.00118
5 位	映像 12	0.01683	14 位	映像 6	0.00116
6 位	映像 11	0.01253	15 位	映像 3	0.0
7 位	映像 18	0.01145	15 位	映像 8	0.0
8 位	映像 4	0.00452	15 位	映像 13	0.0
9 位	映像 1	0.00410	15 位	映像 14	0.0

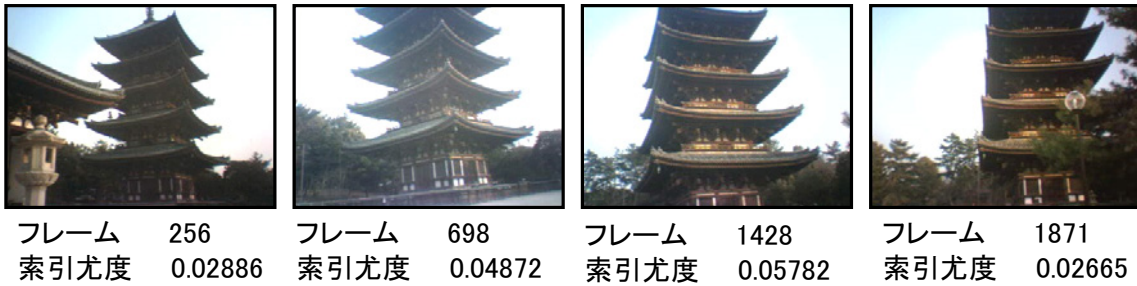


図 28 映像 5 のフレームと索引尤度の例

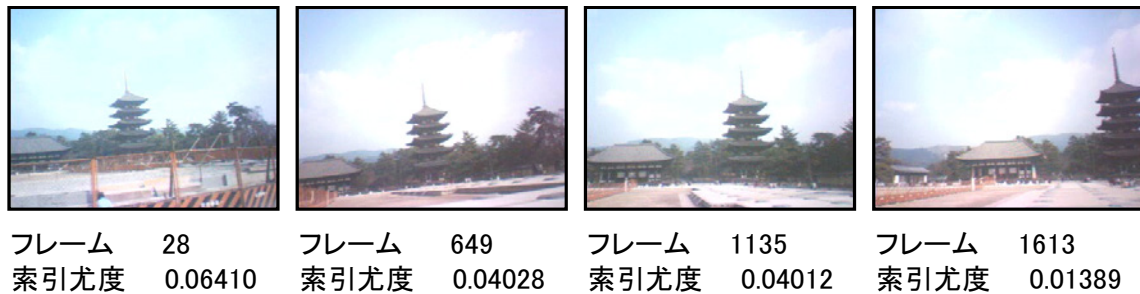


図 29 映像 9 のフレームと索引尤度の例

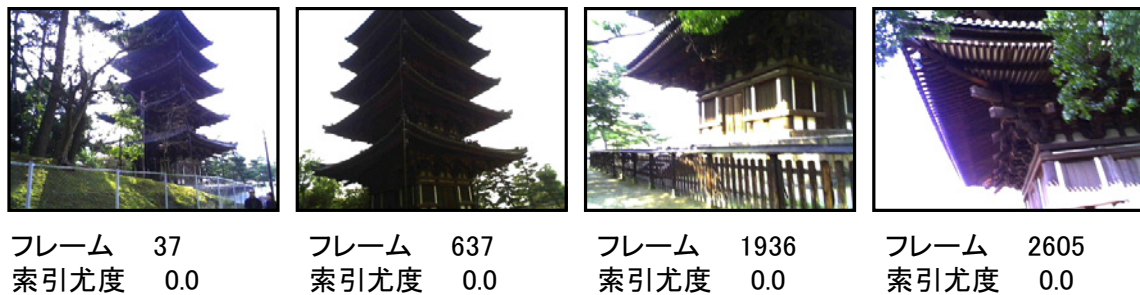


図 30 映像 13 のフレームと索引尤度の例

図 28，図 29 に示すように高い順位である映像 5 や映像 9 の各フレームは索引尤度の高かった五重の塔正面や，五重の塔全体が写るような撮影位置であった．これに対して，図 30 に示すように低い順位であった映像 13 の各フレームは索引尤度の低い，五重の塔の裏や五重の塔に極端に接近した撮影位置であった．このことから，映像の重要度が索引尤度データベースを反映していることが確認できる．

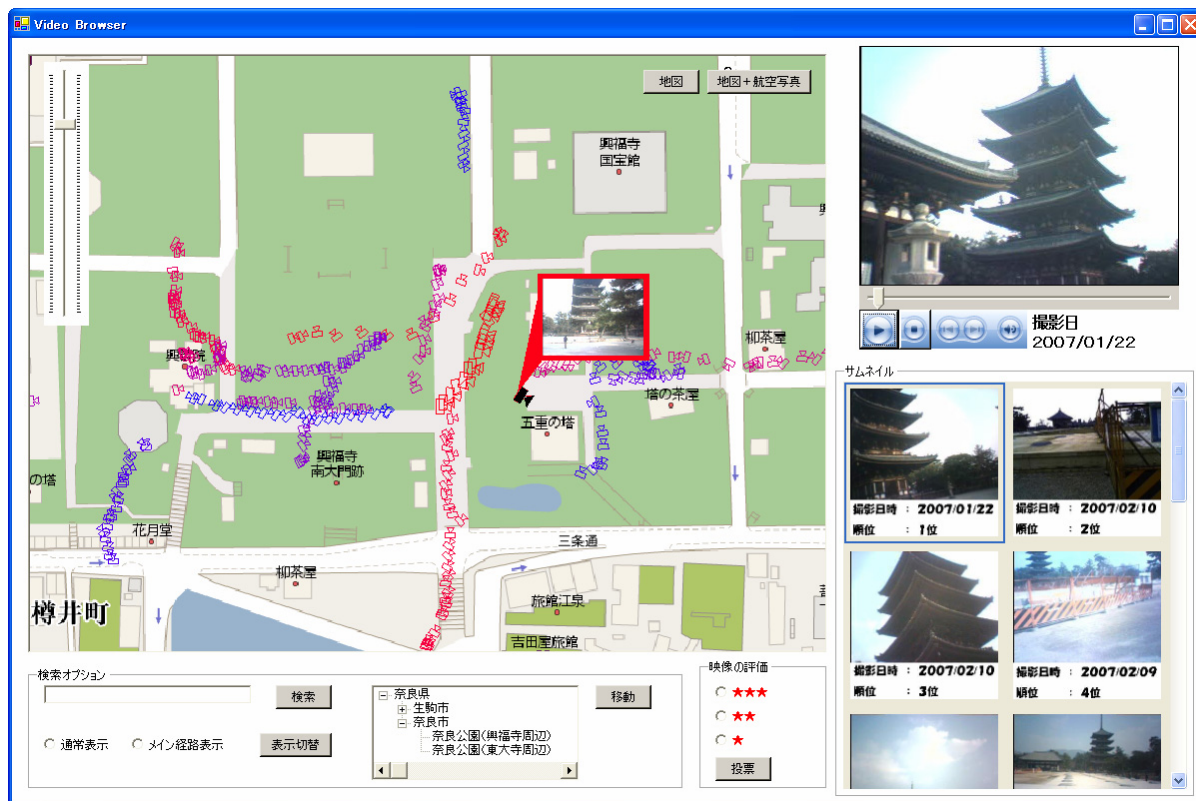


図 31 五重の塔ブラウジング結果例

4.4 観光地を対象にした映像ブラウジング

本節では実際に五重の塔付近で撮影した複数の映像のブラウジングを行った結果について示す。奈良公園の「五重の塔」をキーワードとして検索した場合についての結果を図 31 に示す。

今回試作したブラウザでは重要度に基づく順位付きの検索結果と撮影位置・姿勢情報を地図上に提示することで、映像の内容を把握できるものとしている。使い方の一例として、ユーザは「五重の塔」をキーワードとして入力し、検索結果一位の映像を見る。これにより多くの人々が撮影した位置・姿勢からの「五重の塔」を見ることができる。次に、いま見た「五重の塔」とは異なる位置・姿勢から撮影された映像を見たい場合、地図上での選択操作により他の経路で順位の高い映像を見ることができる。このような使い方によって、観光施設を代表する映像を

容易に見ることができる。さらに、地図上から動画を直接選択することで、異なる角度からの映像を効率的に選択することが可能な、効率的なブラウジング方法を提案している。

本論文では撮影位置・姿勢に基づく索引尤度から映像の重要度を算出している。これは、撮影ユーザの意思が反映されるものの、映像を見たユーザの意思は反映されていない。したがって、例えば、見たい観光施設が写っている映像や面白い映像に対してその評価ができる機能を加えることで、映像視聴ユーザの意思を反映した順位付けを行うことができると考えられる。

5. まとめ

本研究では、多数の映像から、映像内容を容易に把握可能なブラウジングシステムの構築を目的とし、特に観光地で撮影した撮影位置・姿勢情報付きの映像を対象とし、不特定多数により映像が共有されている環境を想定した。ブラウジングシステムに必要な機能は、順位付けされた映像の提示と、映像の撮影位置・姿勢情報の提示を映像の内容を把握しやすい形で可視化することである。これらを満たすために以下のアプローチを採った。

- 撮影位置の評価が考慮された索引尤度データベース [26] を利用した、重要シーンの算出。
- 撮影時の位置・姿勢の認識が可能な効率的な地図上への撮影経路の表示。

実際に多数の映像から目的の映像を取得可能なブラウジングシステムを構築し、構築したブラウジングシステムにおいて、索引尤度データベースを反映した映像への索引付けが行えていること、映像の重要度が索引尤度データベースを反映したものであることを確認した。また、実際にブラウジングシステムで映像検索を行い、効率的なブラウジングが行えることを確認した。

今後の課題としては、索引尤度に基づく算出だけでなく、映像の内容を反映した映像の重要度を算出することが挙げられる。本論文では、撮影者の意図のみを反映した映像の重要度を提案したが、視聴者の意図を映像の重要度に反映できる機能が必要であると考えられる。その他に、規模の大きな映像データベースの構築や、映像を共有するためのサービスを提供することが考えられる。例えば、撮影した自分の映像を映像ブログや映像アルバムサービスのよう、web上で自分の映像を保存できるサービスを公開することで、位置・姿勢情報付きの映像が大量に収集可能であると考えられる。

謝辞

本研究の全過程を通して、懇切なる御指導、御鞭撻を頂いた視覚情報メディア講座横矢直和教授に心より感謝申し上げます。また、本研究を進めるにあたり、有益な御助言、御鞭撻を頂いた像情報処理学講座千原國宏教授、ならびに本研究を進めるにあたり多くの御指導、御助言を頂いた視覚情報メディア講座山澤一誠助教授に厚く御礼申し上げます。そして、本研究を行うにあたり、適切な御助言、御鞭撻を賜り、物心両面において温かいご支援を頂きました視覚情報メディア講座神原誠之助手に深く御礼申し上げます。また、本研究の遂行に適切な御助言を頂きました視覚情報メディア講座佐藤智和助手に心より感謝いたします。本研究においてご助言及び、技術指導を賜った視覚情報メディア講座岩崎季世子氏に心より感謝いたします。研究室において物心両面において常に温かい御支援を頂いた、視覚情報メディア講座守屋知代女史に厚く御礼申し上げます。最後に、研究活動だけでなく日々の生活においても大変お世話になった視覚情報メディア講座の諸氏に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] Japan Electronics and Information Technology Industries Association(JEITA) . Exchangeable image file format for digital still cameras: Exif version 2.2, 2002.
- [2] P. Salembier and J. R. Smith. MPEG-7 Multimedia Description Schemes. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 11, No. 6, 2001.
- [3] 兵清弘, 天笠俊之, 吉川正俊, 植村俊亮 . MPEG-7 を利用したウェアラブルカメラ映像の索引付け手法 . 電子情報通信学会 第 13 回データ工学ワークショップ (DEWS2002) 論文集, C2-17, 2002.
- [4] 兵清弘, 天笠俊之, 吉川正俊, 植村俊亮 . ウェアラブルコンピューティング環境における MPEG-7 出版を利用した映像検索システム . 日本データベース学会 論文誌 (DBSJ Letters), Vol. 1, No. 2, pp. 28-31, 2003 .
- [5] A. Girgensohn, J. Boreczky, P. Chiu, J. Doherty, J. Foote, G. Golovchinsky, S. Uchihashi, and L. Wilcox . A Semi-automatic Approach to Home Video Editing . Proc. 13th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, pp. 81-89, 2000.
- [6] A. Girgehnsohn, S. Bly, F. Shipman, J. Boreczky, and L. Wilcox . Home Video Editing Made Easy - Balancing Automation and User Control . Proc. Human-Computer Interaction (INTERACT'01), IOS Press, pp. 464-471, 2001.
- [7] G. D. Abowd, M. Gauger, A. Lachenmann . The Family Video Archive: An Annotation and Browsing Environment for Home Movies . Proc. 5th ACM SIGMM International Workshop on Multimedia Information Retrieval, pp. 1-8, 2003 .
- [8] Panoramio <http://www.panoramio.com/>

- [9] ALPSLAB photo . <http://photo.alpslab.jp/>
- [10] YouTube . <http://www.youtube.com/browse/>
- [11] Virtual Video Maps . <http://www.virtualvideomap.com/>
- [12] Video Maps . <http://www.virtualvideomap.com/>
- [13] Have a green summer . <http://services.google.com/earth/green/>
- [14] M. Naaman, Y. Jiun Song, A. Paepcke, and H. Garcia-Molina. Automatically Generating Metadata for Digital Photographs with Geographic Coordinates . Proc. 13th International World Wide Web conference on Alternate Track Papers and Posters(WWW'04), pp. 244-245, 2004 .
- [15] 佐藤有紀子, 石黒玲, 増永良文 . 3次元地図を用いたデジタルビデオコンテンツの自動索引法の提案と検証 . 日本データベース学会 論文誌 (DBSJ Letters), Vol. 3, No. 1, pp. 149-152, 2004 .
- [16] 藤田秀之, 有川正俊 . 空間関係を利用した写真と注釈の相補的な共有モデル . 電子情報通信学会 第16回データ工学ワークショップ (DEWS'05), 3-A-01, 2005 .
- [17] 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フェース . 電子情報通信学会 第14回データ工学ワークショップ (DEWS'03), 6-P-03, 2003 .
- [18] 三宅新二, 楠浩, 神谷朋範, 岡部一光, 鳥越秀知, 横田一正 . 簡易3D機能を利用した観光地案内 . 電子情報通信学会 第14回データ工学ワークショップ (DEWS'03), 4-P-02, 2003 .
- [19] D. Kimber, J. Foote, and S. Lertsithichai . FlyAbout: Spatially Indexed Panoramic Video . Proc. 9th ACM Multimedia, pp. 339-341, 2001.

- [20] N. J. McCurdy, W. G. Griswold, L. A. Lenert . A Robust Abstraction for First-Person Video Streaming: Techniques, Applications, and Experiments . 8th IEEE International Symposium on Multimedia(ISM'06), pp. 235-244, 2006 .
- [21] N. J. McCurdy, W. G. Griswold . A systems architecture for ubiquitous video . Proc. 3rd International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services(MobiSys'05), pp. 1-14, 2005 .
- [22] 中西吉洋, 廣瀬龍男, 田中克己 . 多視点映像データの概念モデリングと代表映像の検索 . 情報処理学会 論文誌, Vol. 43, No. SIG5(TOD14), pp. 54-65, 2002.
- [23] S. K. Bhonsle, A. Guputa, S. Santini, R. Jain . Semiorder Database for Complex Activity Recognition in Multi-Sensory Environment . Proc. 16th IEEE International Conference On Data Engineering(ICDE'00), pp. 689-691, 2000.
- [24] 西岡欣亮, 住野優, 井東大, 上島紳一 . 人気領域を考慮した映像切り替え方式の提案 . 電子情報通信学会 第17回データ工学ワークショップ (DEWS'06), 5-B-i4, 2006 .
- [25] 住野優, 明石康久, 上島紳一 . 3D 仮想空間を用いた動画蓄積システムの試作 . 電子情報通信学会 第15回データ工学ワークショップ (DEWS'04), 2-C-03, 2004 .
- [26] 岩崎 季世子, 山澤 一誠, 横矢 直和 . 撮影位置・姿勢情報とネットワーク共有型データベースを用いた写真キャプションング . 電子情報通信学会 技術研究報告, PRMU2005-137, pp. 1-6, 2006 .
- [27] K. Toyama, R. Logan, A. Roseway, and P. Anandan . Geographic Location Tags on Digital Images . Proc. 11th International Conference on Multimedia (MM'03), pp. 156-166, 2003 .

- [28] 西岡欣亮, 住野優, 大西真昌, 上田真由美, 上島紳一 . 位置・方向情報付き映像の検索方式の提案 . 電子情報通信学会 第 16 回データ工学ワークショップ (DEWS'05), 3-A-02, 2005 .
- [29] N. Snavely, S. M. Seitz, R. Szeliski . Photo Tourism: Exploring Photo Collections in 3D . ACM Transactions on Graphics (SIGGRAPH Proceedings), 25(3), pp. 835-846, 2006 .
- [30] Photosynth . <http://labs.live.com/photosynth/>
- [31] 田中浩也, 有川正俊, 柴崎亮介 . 空間ハイパーリンクを用いた写真画像群の擬似 3 次元連携 . 情報処理学会 論文誌, Vol. 44, No. SIG3(TOD17), pp. 11-21, 2003 .
- [32] H. Tanaka, M. Arikawa, R. Shibasaki . World-wide Gallery for Pseudo-3D Photo Collage . International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, ACM SIGGRAPH 2003 Web Graphics, pp. 1-1, 2003 .
- [33] R. Kadobayasi, K. Tanaka . 3D Viewpoint-based Photo Search and Information Browsing . Proc. 28th Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval, pp. 621-622, 2005 .
- [34] Photo Walker . <http://www.photowalker.net/mainfin/fm.html/>
- [35] 堀鉄郎, 河崎晋也, 石川尊之, 相澤清晴 . ライフログ応用に向けたコンテキストに基づく映像・データ検索 . 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU'04), pp. II359-II364, 2004 .
- [36] 相澤清晴, 石島健一郎, 椎名誠 . ウェアラブル映像の構造化と要約:個人の主観と考慮した要約生成の試み . 電子情報通信学会 論文誌, Vol. 86, No. 6, pp. 807-815, 2003 .
- [37] 上田隆正, 天笠俊之, 吉川正俊, 植村俊亮 . 位置情報と地理情報を用いたウェアラブルカメラ映像のダイジェスト作成 . 情報処理学会データベースシステ

△ , 電子情報通信学会データ工学合同研究会研究報告, Vol. 101, No. 193, pp. 175-182, 2001.

- [38] R. Samadani, D. Mukherjee, U. Gargi, N. Chang, D. Tretter, and M. Harville . Pathmarker: Systems for Capturing Trips . IEEE International Conference on Multimedia and Expo(ICME'04), pp. 2123-2126, 2004 .
- [39] Y. Nakazato, M. Kanbara, and N. Yokoya . Wearable Augmented Reality System Using Invisible Visual Markers and an IR Camera . Proc. 4th IEEE International Symposium on Wearable Computers(ISWC'05), pp. 198-199, 2005 .